

Zweite Abhandlung

über die

Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Cultur-Ländern.

Von

Gustav Ritter v. Wex,

k. k. Ministerialrath und Ober-Bauleiter der Donau-Regulirung bei Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 21, 22, 23, 24, 25 und 26.)

(Schluss.)

II. Abschnitt.

Aufklärungen und Widerlegungen der gegen meine Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen von den Herren Opponenten vorgebrachten Zweifel und Gegengründe, nebst Mittheilung der von mir seit 1873 diesfalls gesammelten neueren Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate.

Insoweit mir aus den erschienenen Werken und technischen Zeitschriften bisher bekannt geworden ist, haben die nachstehenden Herren Ingenieure und Hydrotechniker als Opponenten meiner Hypothese ihre Ansichten veröffentlicht, und zwar:

1. Das hydrotechnische Comité des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, welches in seinem schon früher angeführten Gutachten meiner Hypothese im Allgemeinen beigestimmt, jedoch gegen die von mir geführten Beweise und gezogenen Schlussfolgerungen einige Zweifel erhoben hat.

2. Der königl. preussische Regierungs- und Baurath Herr Sasse („Zeitschrift für Bauwesen“ von G. Erbkam in Berlin, vom Jahre 1874).

3. Der königl. preussische Wasserbau-Inspector Herr Kluge (in der vorerwähnten Zeitschrift).

4. Der königl. preussische Wasserbau-Inspector Herr Schlichting („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1875).

5. Der kaiserliche Baurath und Wasserbau-Director in Strassburg, Herr Grebenau („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1876).

6. Der königl. preussische Kreisbaumeister und Baudirectors-Stellvertreter Herr Gräve („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1877).

7. Der königl. ungarische Ministerialrath Herr Carl Herrich („Zeitschrift des ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“).

8. Der k. k. Ministerialrath Dr. Josef Ritter Lorenz v. Liburnau (Wald, Klima und Wasser, 1878).

Von den vorgenannten Herrn Opponenten wurden gegen meine Hypothese und gegen die hierfür geführten Beweise, im Allgemeinen die nachstehenden Zweifel, Einwendungen und Gegengründe vorgebracht, und zwar:

A) dass die von mir an den fünf Strömen und den neun Pegelstationen nachgewiesenen Abnahmen der Wasserstände, respective Senkungen der Stromwasserspiegel möglicherweise nicht eine Folge der Verminderung des abströmenden Wassers sind, sondern dadurch herbeigeführt wurden, dass aus Anlass der an diesen Strömen allenfalls ausgeführten Regulirungen sich die Strombette vielleicht vertieft, oder die relativen Wasserspiegelgefälle sich verändert haben,

B) dass aus den nachgewiesenen Wasserstands-Abnahmen auf eine Verminderung der in den Strömen abfliessenden Wassermengen noch nicht mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann,

C) dass bei den jetzt zeitweise höher anschwellenden Hochwässern auch mehr Wasser abströmt, wodurch die Wasserverminderungen bei den niedrigen und mittleren Wasserständen vielleicht ausgeglichen werden, wo dann aus den gelieferten Nachweisungen nur hervorgehen würde, dass in den letzten Decennien die Abflussverhältnisse (Regime) der Flüsse und Ströme sich verändert haben,

D) dass wenigstens 200 Jahre lange Wasserstands-Beobachtungen an den Pegeln eines Stromes nothwendig wären, um aus denselben mit Verlässlichkeit schliessen zu können, ob eine Wasserabnahme in diesem Strome factisch eingetreten sei oder nicht,

E) dass nach der Ansicht einiger der Herren Hydrotechniker nicht aus der Vergleichung der Wasserstände, sondern einzig und allein nur durch die von Zeit zu Zeit vorzunehmenden directen Messungen der in den einzelnen Flüssen und Strömen factisch abfliessenden Wassermengen nach einer längeren Zeitperiode verlässlich constatirt werden kann, ob eine Wasserabnahme in denselben wirklich eingetreten ist oder nicht,

F) dass die von mir aufgestellte Behauptung, wienach in Folge der grossen Verwüstungen und Ausrodungen ausgedehnter Waldflächen die atmosphärischen Niederschläge vermindert worden wären, durch die von mir angeführten Beispiele und die citirten Gutachten wissenschaftlicher Autoritäten noch keineswegs erwiesen sei, weil aus den langjährigen meteorologischen Beobachtungen in England, in Paris, in Petersburg und in Kopenhagen eine Abnahme der atmosphärischen Niederschläge daselbst nicht zu entnehmen ist;

G) Herr Grebenau hat die von mir aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasserabnahme als unrichtig bezeichnet, und statt derselben die neue Hypothese aufgestellt, dass die Bette der Bäche, Flüsse und Ströme durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers continuirlich vertieft werden, und dass nur in Folge dieser Vertiefungen die Wasserstände in denselben fortwährend abnehmen, respective die Wasserspiegel in den Flüssen und Strömen immer tiefer und tiefer sinken.

Weil Herr Grebenau meine Hypothese als unrichtig bezeichnet, und statt derselben eine in der Hydrotechnik ganz neue Hypothese aufstellt, so werde ich zunächst die diesbezüglichen Nachweisungen und Begründungen Grebenau's eingehend beleuchten, da in dem Falle, wenn seine Behauptungen und seine Hypothese als begründet erkannt werden sollten, alsdann eine weitere Erörterung der anderen Zweifel und Einwendungen gegen meine Hypothese entfallen könnte.

In Folge der schon früher erwähnten Einladung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien an alle ausländischen wissenschaftlichen Institute wurde unter Anderen auch der Wasserbau-Director Grebenau aufgefordert, über meine Abhandlung bezüglich der Wasserabnahme in den Flüssen und Strömen auf Grundlage seiner diesbezüglichen Beobachtungen und Erfahrungen sein Gutachten abzugeben.

Grebenau hat hierauf mit der ihm eigenthümlichen unermüdlichen Emsigkeit und Energie die Wasserstands-Beobach-

tungen an 14 grösseren Flüssen und Strömen gesammelt, dieselben zusammengestellt, in verschiedener Art combinirt und zugleich die von mir angeregte Wasserfrage eifrigst studirt, worauf er dann über die Ergebnisse seiner Forschungen am 6. September 1876 bei der General-Versammlung des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine zu München einen ausführlichen Vortrag über „Fluss-Senkungen und die damit zusammenhängenden Erscheinungen“ gehalten hat, in welchem Grebenau die nachstehenden Mittheilungen machte *). Er habe für 14 Flüsse mit 75 Pegelstationen an denselben die Wasserstands-Beobachtungen für die Nieder-, Mittel- und Hochwässer zusammengestellt, dieselben in derselben Art, wie Herr Wex, in zwei gleiche Beobachtungs-Perioden getheilt, hiefür die mittleren Wasserstandshöhen berechnet, dieselben gegeneinander verglichen, und unter der Annahme, dass für die sich ergebenden Senkungen oder Hebungen bei den obigen drei Wasserständen, jedesmal nur das Mittel hievon in Betrachtung gezogen wird, die nachstehenden Resultate erhalten.

Bei 12 Flüssen mit 67 Pegelstationen haben die mittleren Wasserstandshöhen abgenommen, respective die Wasserspiegel sich im Durchschnitte um 1'00^{cm} bis 2'00^{cm} per Jahr gesenkt, dagegen nur bei vier Flüssen und an sechs Pegelstationen haben sich die Wasserstände gehoben, und zwar gerade an jenen, wo die halben Beobachtungs-Perioden sehr kurz waren, und zwar nur 7, 7½, 12½ und 16½ Jahre gedauert haben.

Aus diesen Beobachtungs-Resultaten hat Grebenau die Schlussfolgerung gezogen, dass bei dem vorkommenden Wechsel der Senkungen und Hebungen der Wasserspiegel an einigen Pegeln eines und desselben Flusses in derselben Beobachtungs-Periode, wo auch wenigstens annähernd die gleichen Wassermengen durchgeflossen sind, die gefundenen Resultate keine Wasserabnahme constatiren können, denn wenn die Senkungen des Wasserspiegels an dem einen Pegel eines Flusses eine Wasserabnahme in demselben anzeigen sollten, so müssten die Hebungen des Wasserspiegels an einem andern Pegel desselben Flusses, eine gleichzeitige Wasserzunahme an dieser Pegelstation anzeigen, was offenbar nicht möglich ist.

Da nun Herr Wex in seiner Abhandlung bei mehreren Flüssen, und zwar insbesondere an 9 Pegelstationen der Donau, selbst zugegeben hat, dass in denselben Vertiefungen oder Hebungen der Flusssohle vorgekommen sind; so wird schon hiedurch seine Theorie, dass man aus der Abnahme der Wasserstände in den Flüssen und aus der Senkung der Wasserspiegel auf eine Abnahme der in denselben abströmenden Wasserquantitäten schliessen könne, unhaltbar.

Grebenau bemerkt über meine Hypothese noch ferner, dass schon die Grösse der in meiner Abhandlung bei mehreren Strömen

*) Der kurzgefasste Inhalt dieses Vortrages ist in der „Deutschen Bauzeitung“ vom 21. October 1876 abgedruckt. Grebenau hat die Ergebnisse seiner Studien über die Wasserfrage in einem grösseren Elaborate zusammengestellt und für die Drucklegung bereits vorbereitet, als ihn leider viel zu früh der Tod am 23. Juni 1877 dahintraff. Seine hochverehrte Witwe war so freundlich, das Manuscript mir zur Einsichtnahme mitzutheilen, und unsere beiderseitigen Bemühungen, dasselbe in Druck legen zu lassen, blieben jedoch wegen der hiefür erforderlichen namhaften Kosten leider ohne Erfolg.

constatirten Wasserstands-Abnahmen den Beweis liefert, dass dies nicht eine Folge der Wasserabnahme sein könne, weil sonst diese Ströme in einigen hundert Jahren gänzlich wasserlos und ihre Bette ausgetrocknet sein würden.

Ueber die vorstehenden Schlussfolgerungen Grebenau's glaube ich die nachstehenden Aufklärungen geben zu sollen. Es ist wohl allgemein bekannt, dass in den Flüssen und Strömen, welche entweder noch nicht regulirt, oder erst in der Regulirung begriffen sind, die Flussbettsohle in einigen Strecken vertieft, und in den anderen durch Anschotterungen erhöht wird, daher in solchen Stromstrecken allerdings in Folge dieser Sohlenänderungen entweder Senkungen oder Hebungen des Wasserspiegels vorkommen können, aus welchen man auch keine verlässlichen Schlussfolgerungen ziehen kann.

Wenn man jedoch aus den vorliegenden vielen Pegelbeobachtungen jene Stromstrecken ausscheidet, in welchen Strombett-Veränderungen vorgekommen sind, so wird man doch noch einzelne Flüsse oder Stromstrecken finden, welche entweder in unveränderlichen natürlichen Betten eingeschlossen, oder schon seit undenklichen Zeiten regulirt, daher im Beharrungszustande befindlich sind. Dass man bei diesen Flüssen und Stromstrecken aus der Abnahme aller Wasserstände und Senkung der Wasserspiegel auch auf die Abnahme der abströmenden Wasserquantitäten mit voller Berechtigung schliessen kann, wird auch der skrupuloseste Hydrotechniker zugestehen müssen, da man sonst diese Erscheinung in keiner anderen Art erklären könnte.

Bezüglich der zweiten Einwendung Grebenau's gegen meine Hypothese muss ich bemerken, dass ich in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 nur die Besorgniss ausgesprochen habe, dass auch in den gegenwärtigen Culturländern die jetzt noch wasserreichen Bäche und Flüsse nach und nach während eines grossen Theiles des Jahres fast gar kein Wasser führen, dagegen zur Zeit heftiger Regengüsse furchtbar anschwellen, also in Wildbäche (Torrenti) verwandelt werden.

Dass solche Verwandlungen in den alten Culturländern bereits factisch stattgefunden haben, sind geschichtlich constatirte Thatsachen, welche nur noch derjenige in Zweifel ziehen könnte, dem die Geographie und die Geschichte dieser Länder unbekannt ist.

Bei Strömen dagegen, welche aus dem Zusammenflusse vieler einmündenden Bäche und Flüsse entstehen, kann von einer vollständigen Austrocknung derselben nicht die Rede sein, weil die atmosphärischen Niederschläge in Folge der Waldausrodungen wohl vermindert, jedoch nicht gänzlich aufhören werden, dann weil in einem grossen Stromgebiete niemals alle Quellen, Bäche und Nebenflüsse gleichzeitig ihr Wasser verlieren können, indem wegen der ungleichmässigen Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge in den Fluthgebieten der einzelnen Bäche und Nebenflüsse sehr häufig die Hochwässer des einen Nebenflusses mit den niedrigsten Wässern des zweiten Flusses gleichzeitig im Strombette ankommen, daher in Folge der Veränderungen der Nebenflüsse in Wildbäche, die Ströme zwar nicht ganz austrocknen, jedoch ihre Wasserstände zwischen sehr niedrigen und dann sehr hohen, häufig variiren, d. i. excessiv werden.

Dass diese Veränderung an mehreren Strömen auch schon in Europa bereits begonnen hat, ist aus den meiner

ersten Abhandlung beigegebenen graphischen Darstellungen der Wasserstands-Beobachtungen deutlich zu ersehen.

Mit Vorstehendem glaube ich, die von Grebenau gegen meine Hypothese vorgebrachten Einwendungen vollständig widerlegt zu haben und übergehe nun zur näheren Prüfung der von ihm aufgestellten neuen Hypothese.

Wie schon früher erwähnt wurde, hat Grebenau an 12 Flüssen und Strömen mit 67 Pegelstationen eine bedeutende Abnahme der kleinen, mittleren und höheren Wasserstände, respective eine Senkung der Wasserspiegel in diesen Flüssen nachgewiesen und zur Erklärung dieser auffallenden Erscheinung die nachstehende neue Hypothese aufgestellt.

„Durch die Arbeitskraft des fließenden Wassers, welche von den neueren Geologen mit dem Namen Erosionskraft bezeichnet wird, werden die Berge der Erdoberfläche durch die Abschwemmungen an Masse immer kleiner, und mit dem herabgeschwemmten Materiale werden die nächstgelegenen Vertiefungen oder Thalfächen ausgefüllt und erhöht. Ueber die Wirkungen der Erosionskraft des fließenden Wassers auf die Strombette hat nun Grebenau die nachstehenden Thesen aufgestellt:

1. Der bei Anschwellung der Flüsse entstehende Schlamm (detritus) ist das Product des Reibungsprocesses der Flussgeschiebe an einander, daher die Schlammführung eine nothwendige Folge der Geschiebeführung ist.

2. Dieser Schlamm wird an jeder Stelle, wo Geschiebe rollen, neu erzeugt und fortgeführt, daher die Schlammführung stromabwärts fortwährend zunimmt, und zwar nach dem Gesetze einer arithmetischen Reihe.

3. Die von dem fortgeführten Schlamm zwischen dem Geschiebe erzeugten hohlen Räume sind die Ursache der continuirlich fortdauernden Flussbettvertiefungen und sonach auch der Wasserspiegelsenkungen.“

Die vorstehenden Thesen als constatirte That-sachen annehmend, gelangte Grebenau mit Rücksicht auf die von ihm nachgewiesene Senkung des Rheinwasserspiegels im Elsass durchschnittlich mit 1.63^{cm} per Jahr, welche daher für 100 Jahre 1.63^{m} und für die letztverflossenen 1000 Jahre bei 16.3^{m} betragen haben würde, zu der Schlussfolgerung, dass der Rheinfluss bei Schaffhausen vor circa 5900 Jahren noch nicht bestanden hat, und erst seit jener Zeit in Folge der Vertiefung des abwärtsigen Strombettes sich gebildet habe, ferner dass der Rhein vor circa 1000 Jahren in der mittleren Rheinthalbene unterhalb Basel in der Höhe der Hochgestade-Ufer daselbst, also um circa 16.3^{m} höher als jetzt geflossen ist, hiebei das vorbesagte Hochgestade bespült und gebildet hat, dann aber seit jener Zeit sein Strombett um 16.3^{m} vertieft, und seinen Wasserspiegel gesenkt habe.

Da in dem Falle, wenn die Hypothese Grebenau's, dass durch die Erosionskraft alle Fluss- und Strombette ohne Ausnahme ununterbrochen um 1.00 bis 2.00^{cm} per Jahr, also um 1.00 bis 2.00^{m} , in 100 Jahren und um 10.00^{m} bis 20.00^{m} in 1000 Jahren vertieft, mithin die Wasserspiegel in allen Stromläufen sich um die obigen Maasse senken werden, als wahr und begründet erkannt werden sollte, diese Wirkungen für die seinerzeitige Cultur der Länder und für die künftigen Generationen äusserst

nachtheilig wäre, mithin die Prüfung der Richtigkeit dieser Hypothese von hoher Wichtigkeit ist; so habe ich seit September 1876 die eingehendsten hydrotechnischen Erhebungen und Studien durchgeführt, und erlaube mir die diesbezüglichen Erhebungsergebnisse hier in Kürze mitzutheilen.

Es ist einem jeden Hydrotechniker und Geologen bekannt, dass die Flüsse und Ströme, wenn selbe in einer grossen, breiten Thalebene in ihrem natürlichen Zustande sich selbst überlassen sind, ihre aus größerem abgerundeten Gerölle und Geschiebe bestehende Strombetssole nicht vertiefen, sondern ihre aus leichteren Erdarten bestehenden Ufer einreissen, ihre Bette bedeutend erweitern, Inseln und Serpentinien bilden, sodann stark verwildern, und indem sie hiedurch den grössten Theil ihrer Stosskraft verlieren, die aus den oberen Gegenden dann aus den Seitenbächen und Flüssen durch die Hochwässer herabgeschwemmten Geschiebe ablagern und ihre Bettsole erhöhen.

Da diese sich selbst überlassenen verwilderten Flüsse und Ströme in den Thalebenen herumschweifen, so wurden durch die Schotter- und Geschiebe-Ablagerungen derselben in der Vorzeit fast alle Flussthalebenen aus den vorbestandenen tiefen Schluchten und ehemaligen Seebecken gebildet, und diese Thalebenen werden auch noch jetzt durch die Anschlammungen zur Zeit der Hochwässer erhöht, wenn auch nicht in dem Maasse als die Strombetssole, weshalb bei solchen verwilderten Strömen sehr häufig die Uferhöhen über der Bettsole geringer, mithin die Ueber-schwemmungen grösser werden.

Es ist ferner jedem erfahrenen Hydrotechniker sehr wohl bekannt, dass erst durch die Regulirung der verwilderten Flüsse und Ströme, und zwar durch die Beschränkung der übermässigen Breiten, Abbauung der Seitenarme, Durchstechung der Serpentinien, also Vermehrung des relativen Gefälles, endlich Versicherung der Ufer gegen fernere Abbrüche, die Geschwindigkeit und die Stosskraft des Stromwassers so weit verstärkt werden kann, dass innerhalb der regulirten Stromstrecke die verschotterte und erhöhte Bettsole nach und nach wieder vertieft und das aus den oberen Gegenden durch die Hochwässer herabgeschwemmte Geschiebe weiter stromabwärts fortgeführt wird, wobei jedoch sehr häufig der Fall eintritt, dass diese Geschiebe im unteren Stromlaufe liegen bleiben, daselbst das Strombett erhöhen und neue Verwilderungen erzeugen, wenn die Regulirung nicht im ganzen Stromlaufe durchgeführt wird. Die vorstehend angeführten Wahrnehmungen, dass die Flüsse und Ströme in ihrem natürlichen Zustande die Tendenz haben, ihre Bette und sonach auch ihren Wasserspiegel zu erhöhen, dann dass nur in Folge ausgeführter radicaler Stromregulirungen eine Vertiefung der Strombette und eine Senkung der Wasserspiegel erzielt werden kann, hat bereits auch schon der königlich preussische geheime Oberbaurath Herr Hagen in seinem ausgezeichneten Handbuche der Wasserbaukunde ausführlich mitgetheilt, dann haben auch noch mehrere ausgezeichnete Hydrotechniker in Deutschland und in Italien, welche ich um die Mittheilung ihrer diesbezüglichen Beobachtungen schriftlich ersucht habe, die vorerwähnten Wahrnehmungen als durch langjährige Erfahrung constatirte Facti bezeichnet, mir jedoch keinen Fall angeben können, wo in Folge der natürlichen Erosionskraft des fließenden Wassers eine

continuirliche Vertiefung eines Fluss- oder Strombettes eingetreten wäre.

Wenn auch zugegeben werden muss, dass durch die Reibung der in den Strombetten von den Hochwässern fortgewälzten Gerölle ein detritus erzeugt wird, so ist doch andererseits einleuchtend, dass der weit grössere Theil des in einem Strome von den Hochwässern mitgeführten Schlammes von den durch die Regenwässer bewirkten Abschwemmungen im ganzen Stromgebiete, ferner von den Einrissen an den unversicherten Stromufern, endlich von den durch die einmündenden Bäche und Seitenflüsse in das Strombett eingeführten Geschiebe-, Sand- und Erdmassen erzeugt wird, daher aus den von einem Strome abgeführten Schlammquantitäten auf eine Vertiefung des Strombettes nicht geschlossen, also noch weniger das Maass dieser Vertiefung berechnet werden kann, weil die in Folge der Reibung der Geschiebe erzeugten hohlen Räume vielfach überwogen werden durch die sehr grossen Quantitäten an Gerölle, Sand und Erde, welche von jedem Hochwasser aus den oberen Stromstrecken und von den Seitenflüssen herbeigeführt und im Strombette deponirt werden.

Aus Vorstehendem ist ersichtlich, dass die von Grebenau aufgestellten Hypothesen bezüglich der Entstehung des von den Hochwässern der Ströme fortgeführten Schlammes lediglich aus dem Producte der Reibung der Flussgeschiebe, dann bezüglich der hiedurch bedingten continuirlichen Vertiefung aller Fluss- und Strombette durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers offenbar ganz unrichtig sind, da bei den im natürlichen Zustande befindlichen Flüssen und Strömen gerade das Gegentheil, nämlich die Erhöhung der Strombette erfolgt.

Die Unrichtigkeit der von Grebenau aufgestellten Hypothese wird aber auch durch geschichtliche Thatfachen erwiesen, denn wenn die Vertiefung der Strombette auch in früherer Zeit continuirlich stattgefunden hätte, so müssten alle Flussthalebenen, welche gegenwärtig nur 2 bis 3^m über dem Mittelwasser liegen, noch vor circa 500 Jahren permanent überschwemmt gewesen sein, was jedoch offenbar nicht der Fall war, da schon vor mehr als 500 Jahren in diesen Thalebenen Städte und viele bewohnte Ortschaften bestanden haben. Den obigen Umstand, dass die Hypothese Grebenau's mit den geschichtlichen Thatfachen im Widerspruche steht, hat auch schon Herr Gräve in seiner Kritik dieser Hypothese („Deutsche Bauzeitung“ vom Jahre 1877, Nr 54 und 56) ausführlich nachgewiesen.

Die Widerlegung der von Grebenau aufgestellten Behauptung bezüglich der Entstehung des Rheinfalles bei Schaffhausen, in Folge der continuirlichen Vertiefung des Rheinbettes, kann ich den Herrn Geologen, als den hiefür kompetenteren Fachmännern, überlassen, muss dagegen seiner weiteren Behauptung, dass der Rhein in der Thalebene unterhalb Basel vor circa 1000 Jahren in der Höhe der Hochgestade-Ufer daselbst geflossen wäre, die letzteren gebildet und sich seit jener Zeit um circa 16·3^m vertieft hätte, entschieden entgegen treten.

Grebenau selbst hat in seinem am 11. September 1869 in der General-Versammlung der „Pollichia“ zu Dürkheim gehaltenen Vortrage: „Der Rhein vor und nach seiner Regulirung“, welcher Vortrag auch als Brochure veröffentlicht wurde,

unter Anschluss von Situations- und Profilplänen sehr ausführlich und überzeugend nachgewiesen, dass in vorhistorischer Zeit in der gegenwärtigen Rheinthalene zwischen Basel und Bingen ein grosser See bestanden hat, welcher nach erfolgtem Gebirgsdurchbruche zwischen Bingen und Bonn nach und nach abgeflossen ist. Das noch verbliebene tiefe Seebecken wurde von den sehr bedeutenden Geröll- und Geschiebemassen sowohl des Rheins als auch der übrigen einmündenden Bäche und Flüsse auf 10 bis 20^m Tiefe unter der Spiegelfläche der gegenwärtigen Rheinthalene ausgefüllt. Die Hochgestade, auch Diluvial-Terrassen genannt, welche 5000 bis 7000^m von einander entfernt und bei 10^m hoch sind, bildeten offenbar die Begrenzung des einstigen Seebeckens, und wurden theils durch den Wellenschlag des nach Massgabe der sich vertiefenden felsigen Ueberfallssohle bei Bingen sehr langsam abfallenden und sich senkenden Seespiegels, dann durch die Unterwaschungen des auf dem sehr unregelmässig ausgeschotterten Seebecken wild herumschweifenden Rheinstromes in ihrer gegenwärtigen Configuration ausgebildet. Seit der Ausfüllung des einstigen Seebeckens nach dem beiläufig ausgeglichenen Thalgefälle zwischen der Ueberfallssohle bei Bingen, und dem gleichfalls von Felsenbänken durchzogenen Strombette bei Basel und bei Waldshut hat der Rhein die aus grobem Gerölle bestehende Thalebene nicht nur nicht vertieft, sondern dieselbe im Gegentheile durch häufige Ueberschwemmungen mit Sand und feinem Schlick noch um 1 bis 2^m aufgelandet und erhöht.

Weil die successiven Senkungen des einstigen Seespiegels an den beiderseitigen Hochgestade-Ufern, sowie auch die späteren Unterwaschungen der letzteren durch den verwildert herumschweifenden Rheinstrom noch gegenwärtig deutlich zu sehen sind, dann weil in Folge der seit dem Jahre 1817 zwischen Basel und Mannheim ausgeführten radicalen Regulirung, Geradleitung und Abkürzung des Stromlaufes von 265 auf 182^{km}, in einzelnen Stromstrecken eine Vertiefung des verschotterten Strombettes und Senkung des Wasserspiegels um 1 bis 1·5^m constatirt worden ist, so wurde durch diese sichtlichen Thatfachen der ausgezeichnete Hydrotechniker Grebenau zu der irrigen Schlussfolgerung verleitet, als wenn die vorbesprochene Strombettvertiefung und Wasserspiegelsenkung durch die natürliche Erosionskraft des Rheinstromes allein bewirkt worden wäre, und nachdem Grebenau gleichzeitig gefunden hatte, dass an 12 Flüssen mit 67 Pegelstationen, während längerer Beobachtungsperioden die niedrigen, mittleren und höheren Wasserstände bedeutend abgenommen haben, hat er hierauf die offenbar unrichtige Hypothese aufgestellt, dass bei allen Bächen, Flüssen und Strömen ohne Ausnahme schon seit ihrem Bestande durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers die Flussbette derselben fortwährend vertieft und ihre Wasserspiegel gesenkt worden sind, dann dass diese Erosion auch in der Folge continuirlich fortwirken werde.

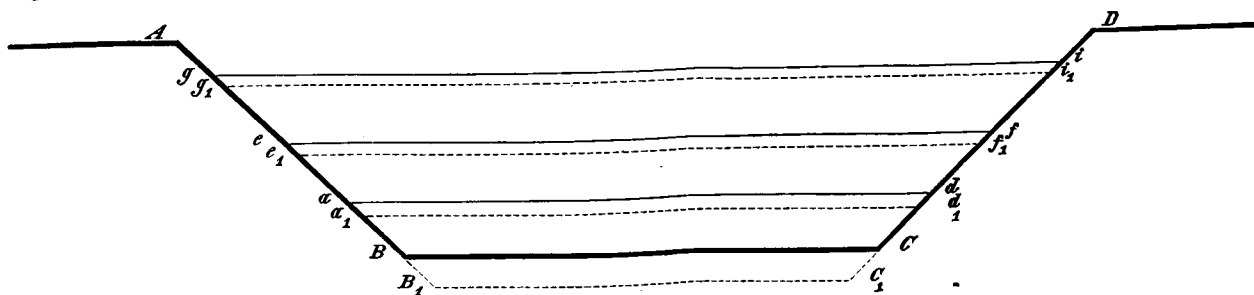
Mit den vorstehenden Nachweisungen habe ich meinem gewesenen hochgeschätzten persönlichen Freunde Grebenau, welcher in ganz Deutschland als ein äusserst thätiger und ausgezeichneter Hydrotechniker bekannt und geachtet war, sicher nicht zu nahe

treten, sondern einzig und allein nur eine hochwichtige hydrotechnische Frage klarstellen wollen.

Nun werde ich versuchen, die von den früher genannten Herren Opponenten gegen meine Hypothese vorgebrachten Zweifel, Einwendungen und Gegengründe aufzuklären, respective zu widerlegen, wobei ich zugleich auch noch die seit dem Jahre 1873 gesammelten neueren Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate, welche meine Hypothese noch überzeugender begründen, dagegen jene von Grebenau als unhaltbar erweisen, anführen werde.

ad A) Wenn die für eine längere Beobachtungs-Periode nachgewiesenen Abnahmen der Wasserstände, respective die Senkungen des Wasserspiegels in einem Strome, nur eine Folge der Vertiefung des Strombettes entweder durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers, oder durch die Wirkungen einer durchgeführten Stromregulirung wären, dann müssten diese Strombettvertiefungen jedenfalls eine längere Stromstrecke umfassen, dieselben müssten ferner successive und gleichmässig entstehen, dann auch bleibend sein. Die fast bei einem jeden Hochwasser vorkommenden Veränderungen in der Strombettsohle, wie partielle Auswaschungen von Kolken, oder auch theilweise Verlegungen der Stromrinne können nicht zu den vorbesagten Strombettvertiefungen gezählt werden, weil selbe sehr häufig schon bei den nächsten Hochwässern wieder ausgeglichen werden, sonach auf die für längere Beobachtungs-Perioden zusammengestellten höchsten und niedrigsten, dann auf die berechneten mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände offenbar keinen Einfluss nehmen können.

Um mit voller Klarheit und Verlässlichkeit beurtheilen zu können, welche Wirkung die auf einer längeren Stromstrecke eingetretene bleibende Vertiefung der Strombettsohle auf die verschiedenen Wasserstände in dieser Stromstrecke ausüben wird, muss man sich zunächst das ursprüngliche Querprofil dieses Stromes, sammt der eingetretenen Sohlenvertiefung und den verschiedenen Wasserständen verzeichnen, und man wird alsdann zu den nachfolgenden unanfechtbaren Schlussfolgerungen gelangen.



Es wäre in der vorstehenden Figur ABCD das ganze Quer- und Durchflussprofil eines Stromes dargestellt, welches man der Einfachheit wegen als ganz regelmässig mit geböschten Ufern annehmen kann. In diesem Stromquerschnitt würden die niedrigsten Wasserstände bis zur Linie a₁d₁, die mittleren Jahres-Wasserstände bis zur Linie e₁f₁ und die Hochwasserstände bis zur Linie g₁i₁ reichen.

Wenn nun nach einer längeren Zeitperiode von 20 bis 30 Jahren die ursprüngliche Strombettsohle BC entweder in Folge der Erosionskraft oder aber aus Anlass einer durchgeführten Stromregulirung bis auf die neue Sohle B₁C₁ bleibend vertieft würde, so könnten die hiedurch veranlassten Senkungen des Stromspiegels unter der Voraussetzung, dass die im Strome abfliessenden Wassermengen unverändert geblieben sind, nachstehend berechnet werden.

Bezeichnet man die Breite der Strombettsohle BC mit b , die Geschwindigkeit der Wasserströmung an der letzteren mit v , und das Maass, um welches sich die Sohle vertieft hat, mit h , so wird die durch den vertieften Sohlenstreifen BCB_1C_1 abfliessende Wassermenge m aus der Gleichung $m = b h v$ gefunden.

Werden nun die Breiten des Stromwasserspiegels beim niedrigsten, mittleren und Hochwasserstande, und zwar ad mit b_1 , ef mit b_2 und gi mit b_3 , ferner die mittleren Geschwindigkeiten bei den obigen drei Wasserständen am Wasserspiegel mit v_1 , v_2 und v_3 , endlich die in Folge der Sohlenvertiefung eintretenden Senkungen der besagten Wasserspiegel mit h_1 , h_2 und h_3 bezeichnet, so muss, da die Wasserspiegelsenkung nur in dem Maasse erfolgen kann, als ein Theil des Wasserquantums nunmehr durch den vertieften Sohlenstreifen BCB_1C_1 abströmen wird, die nachstehende Gleichung statthaben:

$$m = b h v = b_1 h_1 v_1 = b_2 h_2 v_2 = b_3 h_3 v_3.$$

Da nun bei allen Stromquerprofilen, nur mit Ausnahme der seltenen Fälle, wo die beiderseitigen Ufer mit verticalen Quai-mauern begrenzt sind, die Wasserspiegelbreiten bei höheren Wasserständen grösser werden, also $b_2 > b_1$ und $b_3 > b_1$ ist, ferner jedem Hydrotechniker bekannt ist, dass auch die Geschwindigkeiten am Wasserspiegel bei den höheren Wasserständen wachsen, also $v_2 > v_1$ und $v_3 > v_1$ wird, so ist einleuchtend, dass die Abnahme der Wasserstände, respective die Senkungen des Stromwasserspiegels bei höheren Wasserständen, in dem Verhältnisse als die Producte $b_2 v_2$ grösser als $b_1 v_1$ und $b_3 v_3$ grösser als $b_2 v_2$ werden, immer kleiner werden müssen, daher jedesmal $h_2 < h_1$ und $h_3 < h_2$ sein muss.

Aus obiger Nachweisung ist ersichtlich, dass für jene Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen, welche eine Folge einer eingetretenen bleibenden Vertiefung der Flussbettsohle sind, die nachstehenden Kriterien vorhanden sein müssen.

1. Die Wasserstands-Abnahme muss bei den niedrigsten Wasserständen am grössten sein, dieselbe muss ferner bei den

höheren Wasserständen proportional kleiner werden, also für die Hochwässer sich am kleinsten herausstellen.

2. Da die Vertiefung des Strombettes während einer längeren Zeitperiode sich nur langsam und successive ausgebildet, und wenn solche einmal erfolgt ist, dann im Verlaufe eines Jahres als unverändert angenommen werden kann, so müssen die in Folge von Strombettvertiefungen eintretenden Wasserspiegelsenkungen in den einzelnen Monaten bei gleich hohen mittleren Wasserständen jedesmal auch gleich gross sich herausstellen.

3. Wenn die Wasserstands-Beobachtungen an mehreren Pegeln eines längeren Stromlaufes für dieselben Zeitperioden zusammengestellt werden, so könnten die in Folge von Stromregulirungen und Sohlenvertiefungen eintretenden Wasserspiegel-

senkungen an den einzelnen Pegelstationen niemals übereinstimmen, sondern müssten im Gegentheile jedesmal bedeutend von einander abweichen, und zwar aus dem Grunde, weil bei einem längeren Stromlaufe gewöhnlich nur einzelne verwilderte Strecken nach und nach in verschiedenen Zeitperioden regulirt, andere im besseren Zustande befindliche, oder zwischen felsigen Ufern eingebettete Stromstrecken unverändert belassen werden, ferner weil selbst die Stromcorrectionen in den einzelnen Strecken sehr häufig nach verschiedenen Systemen ausgeführt werden, welche auch nach der Beschaffenheit des Grundes eine sehr verschiedene Wirkung auf das Strombett ausüben, endlich weil unterhalb der regulirten Stromstrecken sehr häufig sogar Verschotterungen, Ansandungen und Erhöhungen des Strombettes eintreten, daher in einem längeren Stromlaufe in Folge durchgeführter partieller Regulirungen weder eine gleichmässige Vertiefung der Strombettsohle in der ganzen Stromlänge, noch eine hieraus resultirende gleichmässige Senkung des Stromwasserspiegels möglich wäre.

4. Bei einer durchgeführten radicalen Stromregulirung, insbesondere bei einer bedeutenden Abkürzung des Stromlaufes mittelst Durchstichen, wird nicht nur die Bettsohle vertieft, sondern auch das relative Gefälle des Wasserspiegels und die Geschwindigkeit der Wasserströmung vermehrt, wodurch abermals eine Senkung des Stromwasserspiegels erfolgt, welche manchmal auch noch grösser werden kann, als jene, welche blos in Folge der Vertiefung des Strombettes eingetreten wäre.

Doch auch diese eintretenden Wasserspiegelsenkungen müssen das Kriterium an sich haben, dass selbe in einer und derselben Pegelstation unabhängig von den Jahreszeiten in den einzelnen Monaten bei gleich hohen Wasserständen auch gleich gross sind, ferner dass diese Senkungen auf einem längeren Stromlaufe selbst in den einzelnen regulirten Strecken nach Massgabe der Ausdehnung und der Art der Correction sehr verschieden ausfallen müssen, endlich dass eine Wasserspiegelsenkung in den entfernteren Stromstrecken stromauf- und abwärts, bis zu welchen die Rückwirkungen der Regulirung sich nicht mehr erstrecken können auch nicht mehr vorkommen darf.

Um nun den Beweis zu liefern, dass die sowohl von mir als auch vom Wasserbau-Director Grebenau an vielen Strömen und Flüssen in Europa nachgewiesenen bedeutenden Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen, weder durch die supponirten Vertiefungen der Strombette in Folge der Erosionskraft des Wassers, noch durch die bisher an diesen Flüssen in verschiedenen Zeitperioden ausgeführten partiellen Regulirungen entstanden sein können, sondern nur eine Folge der Abnahme der in diesen Strömen abfliessenden Wasserquantitäten sind, habe ich mir die authentischen Wasserstands-Tabellen von mehreren Pegelstationen am Rhein, an der Donau und an der Elbe verschafft, dann dieselben in zwei gleiche Beobachtungs-Perioden getheilt, und für jede derselben die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, so wie auch der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände berechnet, endlich diese gefundenen mittleren Wasserstandshöhen, der leichteren Uebersicht und der Vergleichung wegen, auf den Tafeln 21 bis 25 graphisch dargestellt. Auf diesen Tafeln sind nun die langjährigen Beobachtungsergebnisse klar zu sehen, und hienach können auch die nach-

stehenden Schlussfolgerungen mit voller Berechtigung gezogen werden.

a) Die Wasserstands-Abnahmen, respective Senkungen der Wasserspiegel im Rhein und in der Elbe sind gerade im Gegensatze zu dem früher ad 1 angeführten Kriterium bei den niedrigen Wasserständen am kleinsten, dagegen bei den mittleren und den höheren Wasserständen bedeutend grösser, daher diese Senkungen unmöglich die Folge einer Strombettvertiefung sein können.

Die Wasserspiegelsenkungen an den sechs Pegeln der Donau zeigen keine solche Uebereinstimmung, weil die Durchflussprofile des Stromes an den vier oberen Pegelstationen bei Dillingen, Linz, Wien und Pest während den Beobachtungs-Perioden verändert worden sind, wie dies später nachgewiesen werden wird.

b) Die Wasserstands-Abnahmen sind selbst bei gleich hohen Wasserständen an derselben Pegelstation in den einzelnen Monaten sehr verschieden, und die Grösse derselben hängt weit mehr von der Jahreszeit, als von den mittleren Wasserstandshöhen ab, daher auch dieses Beobachtungs-Ergebniss den Beweis liefert, dass diese Senkungen weder die Folge einer Strombettvertiefung, noch einer Stromregulirung sind.

c) Aus den graphischen Darstellungen ist ferner ersichtlich, dass bei mehreren Pegelstationen an einem und demselben Strome, selbst wenn diese Stationen sehr weit von einander entfernt, dann auch durch nicht regulirte Flussstrecken oder durch felsige Bettsohlen von einander getrennt sind, dennoch in den einzelnen Monaten fast gleiche, oder wenigstens sehr nahe übereinstimmende Wasserstands-Abnahmen sich herausstellen, was den ad 3 und 4 besprochenen Kriterien für Strombettvertiefungen und Stromregulirungen nicht entspricht.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Rheinstrome.

Aus den auf Tafel 21 graphisch dargestellten Wasserständen an den sechs Pegelstationen am Ober-, Mittel- und am Unter-Rhein ist zu sehen, dass die Wasserstands-Abnahmen in den Sommermonaten Juni, Juli und August am grössten, dagegen in den Wintermonaten November, December und Jänner am kleinsten sind, obwohl die von den Gletschern und von der Schneeschmelze in den schweizerischen Alpen herabströmenden Sommerhochwässer, bei ihrem Anlangen in Köln und Emmerich schon zu Mittelwässern, dagegen die Winter-niederwässer im Ober-Rhein, bei Emmerich durch den Hinzutritt der einmündenden Nebenflüsse zu Hochwasserständen werden, der Rhein sonach in dieser 680^{km} langen Strecke seine Natur und sein Regime vollständig verändert hat.

Dass im Rheinstrome bei Basel in der verhältnissmässig kurzen halben Beobachtungs-Periode von 1857 bis 1872 eine Vertiefung des Strombettes nicht eingetreten ist, hat der eidgenössische Oberbau-Inspector, Herr von Salis, in seiner an die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien gerichteten Zuschrift vom 17. April 1875 nachstehend bestätigt. „In Basel werden seit 1808 Wasserstands-Beobachtungen gemacht, welche für die Frage der Wasserabnahme zu verwerthen sein dürften, weil der Pegel unverrückt ist, und die geo-

logische Beschaffenheit des Flussbettes die Annahme einer Vertiefung und überhaupt einer Veränderung desselben seit 1808 ausschliesst.“ Dass weder bei Waldshut noch bei Basel, eine Vertiefung des Rheinstrombettes eingetreten ist, hat auch der mit der Bauleitung in der Stromstrecke von Constanz bis an die hessische Grenze am rechten Stromufer betraute grossherzoglich badische Baurath Herr Honsell in seiner an mich gerichteten Zuschrift vom 30. November 1877, mit Hinweisung auf die äusserst feste, theilweise von Felsenbänken durchzogene Strombettsohle daselbst, dann auf die Höhenlage der um das Jahr 1225 erbauten alten Rheinbrücke und der Strassen in Basel, überzeugend nachgewiesen, und hiebei schliesslich bemerkt:

„Es muss also nicht nur als unwahrscheinlich, sondern geradezu als unmöglich bezeichnet werden, dass das Rheinbett bei Waldshut und bei Basel seit Beginn der historischen Zeit in der von Grebenau behaupteten Senkung (Vertiefung) begriffen ist.“

Auch in dem Gebirgsdurchbruche bei Bingen ist eine Vertiefung des von Felsenbänken durchzogenen Rheinstrombettes während der kurzen Zeit von 1857 bis 1872 sicher nicht eingetreten.

Wenn nun im Rheinstrom bei den vier anderen Pegelstationen während der halben Beobachtungs-Periode von 1857 bis 1872 in den einzelnen Monaten übereinstimmende Wasserstands-Abnahmen eingetreten sind, wie bei Basel und bei Bingen, so ist die Schlussfolgerung vollkommen berechtigt, dass weder die partiell ausgeführten Stromregulirungen, noch eine allgemeine Vertiefung des Strombettes, sondern eine andere im ganzen Stromgebiete fast gleichmässig wirkende Ursache die Senkungen der mittleren Wasserstände bewirkt hat, und dies kann offenbar nur die Abnahme des im ganzen Stromlaufe abfliessenden Wassers sein, welche Abnahme im Verhältnisse der Verminderung der atmosphärischen Niederschläge in den einzelnen Monaten auch verschieden gross ist.

Die königl. preussische Regierung hat im Jahre 1817 verfügt, dass die wichtigsten Pegeln am Rhein bei Köln und bei Emmerich regulirt, und die neuen Nullpuncte derselben auf $2' = 0.628^m$ unter dem bis dahin bekannt gewesenen niedrigsten Wasserstande im Rheinstrom gesetzt werden, was auch genau ausgeführt wurde. Dr. H. Berghaus hat in seiner ausgezeichneten Hydrographie die Wasserstandstabellen am Pegel zu Emmerich von 1770 bis 1835 veröffentlicht und hiebei ausdrücklich bemerkt, dass er die älteren Wasserstände von 1770 bis 1817 auf den neuen Nullpunct von 1817 reducirt habe, dessen Höhe über dem Meeresspiegel er mit $32' 5'' 8\frac{1}{2}''' = 10.197^m$ angegeben hat.

Der königl. preussische Wasserbau-Inspector, Herr Kluge, hat über meine Verwendung die von ihm ämtlich erhobenen Wasserstandstabellen am Rheinpegel bei Emmerich vom Jahre 1827 bis 1873 mir freundlichst mitgetheilt, und so konnte ich aus der Vergleichung der mir in Duplo vorliegenden Tabellen von 1827 bis 1835 constatiren, dass der Nullpunct des genannten Pegels seit dem Jahre 1817 in unverrückter Höhe geblieben ist.

Da die Zusammenstellung der genauen Wasserstände an dem sehr wichtigen Rheinpegel zu Emmerich für die 104 Jahre lange Periode von 1770 bis 1873 äusserst interessant und für die Entscheidung der Frage bezüglich der Wasserabnahme im Rheinstrom auch sehr massgebend ist, so habe ich die obigen Wasserstands-Beobachtungen, der besseren Uebersicht wegen, auf Tafel 22 auch graphisch dargestellt.

Wenn nun die Beobachtungszeit von 1770 bis 1835 in zwei Perioden zu je 33, und die letzte zu 38 Jahren getheilt wird, sodann die Wasserstands-Verhältnisse in diesen drei Perioden gegeneinander verglichen werden, so zeigen sich die nachstehenden beachtenswerthen Erscheinungen.

In der Zeitperiode von 1770 bis 1820 waren sowohl bei den jährlich vorkommenden höchsten und niedrigsten, als auch bei den mittleren Jahres-Wasserständen die Variationen (mit Ausnahme einzelner Jahre) verhältnissmässig nur gering. Von 1820 bis 1873 bemerkt man ein sehr häufiges und bedeutendes Steigen und Fallen sowohl der höchsten und niedrigsten, als auch der mittleren Jahres-Wasserstände, ferner einen häufigeren Wechsel zwischen sehr wasserreichen und sehr wasserarmen Jahren. Das Hochwasser von 1861 stieg um 0.24^m höher als jenes von 1799 und von 1809, wogegen die Niederwässer von 1864, 1865, 1866 und 1871 um 1.10 bis 1.23^m tiefer gesunken sind, als das niedrigste von 1802 in der ersten Periode, daher die Differenz zwischen den höchsten und niedrigsten Wasserständen in der letzten Periode um 1.47^m grösser geworden ist.

In der letzten 38jährigen Periode von 1836 bis 1873 sind im Vergleiche zur ersten Periode von 1770 bis 1802 die arithmetischen mittleren Höhen der Wasserstände nachstehend kleiner geworden, und zwar:

der Monats-Wasserstände um	0.27 bis 1.03^m
„ Jahres-Wasserstände um	0.722^m
„ höchsten Wasserstände um	0.291^m
„ niedrigsten Wasserstände um	0.665^m

Die vorangeführten Beobachtungs-Ergebnisse zeigen abermals ganz deutlich, dass in den letzten Decennien der Charakter und das Regime des Rheins bei Emmerich sich bedeutend verändert haben, was auch auf eine Veränderung der atmosphärischen Niederschläge im ganzen oberen Stromgebiete schliessen lässt. Nachdem ferner am Rheinstrom bei Emmerich seit dem Jahre 1802 keine ausgedehnten radicalen Strom-Correctionen mittelst Durchstichen ausgeführt worden sind, so kann die vornachgewiesene bedeutende Abnahme der Wasserstände, respective die starke Senkung des Stromwasserspiegels in allen Jahreszeiten und bei allen Wasserständen wohl nur damit erklärt werden, dass die in der letzten Periode im Strome abgeflossenen Wassermengen bedeutend abgenommen haben.

Dass die Wasserspiegelsenkungen bei Emmerich sich noch grösser herausstellen als an den fünf oberen Pegelstationen, hat seinen Grund darin, weil daselbst die Wasserabnahmen für das ganze obere grosse Stromgebiet, also für alle aus demselben kommenden Quellen, Bäche und Flüsse sich schon summirt präsentiren.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Elbestrome.

Aus den auf Tafel 23 graphisch dargestellten Wasserständen in der Elbe an den Pegelstationen bei Dresden, Riesa und bei Magdeburg zunächst für die gleiche Zeitperiode von 1837 bis 1872, dann auf Tafel 24 an der Station bei Dresden für die 68jährige Periode von 1806 bis 1873 findet man fast dieselben Erscheinungen bezüglich der Wasserstands-Abnahmen und der Steigerung des Wasserwechsels, wie solche im vorhergehenden Absatze an den Pegelstationen des Rheins beschrieben wurden, daher ich dieselben hier nicht nochmals erörtern will.

Eine noch bessere Uebersicht über die Wasserabnahme in der Elbe gewährt die von mir in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 gegebene graphische Darstellung der höchsten und der niedrigsten, dann der mittleren Monats- und der Jahres-Wasserstände am Pegel bei Magdeburg für die 142 Jahre lange Beobachtungs-Periode von 1728 bis 1869. Nicht nur sehr interessant, sondern auch massgebend für die Beurtheilung der vorliegenden Frage bezüglich der Wasserabnahme und der Senkung des Wasserspiegels in der Elbe sind die in meiner ersten Abhandlung ausführlich beschriebenen Erhebungsergebnisse der internationalen technischen Elbe-Stromschau-Commissionen aus den Jahren 1842, 1857 und 1869, wobei constatirt wurde, dass der vorgefundene Wasserstand vom September 1842 noch um 4 bis 11" (0.10 bis 0.29^m) niedriger war, als die auf den im Strombette liegenden Felsenbänken bei Tetschen, Pirna und Strehla markirten kleinsten Wasserstände in den Jahren 1616, 1706, 1719, 1746, 1782, 1790, 1800, 1811 und 1835, derselbe sonach seit 226 Jahren der allerniedrigste war.

Aus den Wasserstands-Erhebungen der nachfolgenden Stromschau-Commissionen, welche ich auf Tafel 23 für alle Pegelstationen der Elbe bis zur Fluthgrenze bei Blekede zusammengestellt habe, ist nun ersichtlich, dass in den Jahren 1852, 1857, 1869 und 1873 in der oberen, mittelst Parallelwerken vollständig regulirten Stromstrecke bis Dresden und Wittenberg, noch um circa 0.2^m niedrigere Wasserstände eingetreten sind, als jener vom Jahre 1842 war, wogegen in der unteren, meistens nur mittelst Buhnenanlagen corrigirten Flussstrecke die Strombettsohle in Folge von Ansandungen sich noch erhöht hat, wodurch die gleichzeitigen sehr niedrigen Wasserstände sich noch gehoben haben.

Der königlich sächsische Wasserbau-Director Herr M. W. Schmidt hat im „Civil-Ingenieur“, XXIV. Band, 4., 5. und 7. Heft, werthvolle wissenschaftliche Mittheilungen über das Längen-Nivellement und die Wasserstands-Beobachtungen an der Elbe im Königreiche Sachsen veröffentlicht, in welchen dieser Fachmann auf Grundlage genauer hydrotechnischer Erhebungen das nachstehende Gutachten ausgesprochen hat. Im Elbe-Stromlaufe in Sachsen sind in den letzten Decennien die mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände, dann insbesondere auch die niedrigen Sommer- und Herbst-Wasserstände sehr bedeutend gesunken, und zwar am Pegel bei Dresden um 0.62^m und am Pegel bei Riesa um 0.40 bis 0.46^m *).

*) Die Pegelstände bei Meissen werden hier nicht angeführt, weil die Beobachtungs-Periode zu kurz ist, und auch die Rückwirkung der Stromregulirung daselbst nicht genau erhoben zu sein scheint.

Herr Schmidt hat nun ferner nachgewiesen, dass in Folge der ausgeführten Strom-Correctionen eine Vertiefung des Strombettes und sonach auch eine Senkung des Wasserspiegels eingetreten ist, welche bei Dresden mit 0.36^m und bei Riesa mit 0.20^m ermittelt wurde. Da nun die factisch eingetretenen Wasserspiegelsenkungen bei Dresden um 0.26^m und bei Riesa um 0.20 bis 0.26^m grösser sind, so hat nach der Ansicht des Herrn Schmidt „bei der so auffälligen Erscheinung des Sinkens der genannten mittleren Wasserstände noch ein anderer Factor mitgewirkt, der durch jene baulichen Herstellungen nicht bedingt ist, und welcher, in Anbetracht aller sonst noch obwaltenden Umstände, in nichts Anderem als darin begründet sein könnte, dass die Wassermenge der Elbe seit den letzten 20 Jahren eine Verminderung erfahren hat. Indessen mag daran erinnert werden, dass die Wasserstands-Beobachtungen an der Elbe in Sachsen zu ähnlichen Schlussfolgerungen geführt haben, wie sie vom k. k. Ministerialrath Wex nach eingehenden Untersuchungen für eine grössere Anzahl anderer europäischer Ströme im Jahre 1873 aufgestellt worden sind“.

Auch der königlich preussische Baurath Herr Maass in Magdeburg, welcher über die Wasserstands- und Eisabgangs-Verhältnisse in der Elbe sehr eingehende Studien gemacht und dieselben auch veröffentlicht hat, äusserte sich in seinem an mich gerichteten Schreiben vom 31. Jänner 1878 dahin, dass seiner Ansicht nach die Abnahme der Wasserstände, respective die Senkung des Wasserspiegels in der Elbe, einerseits durch die Vertiefung des Strombettes in Folge der ausgeführten Stromregulirungen, andererseits aber auch durch die eingetretene Wasserabnahme herbeigeführt wird.

Als Grund der allgemein wahrgenommenen Wasserabnahme in der Elbe hat Herr Ingenieur Wrkata in Stummer's „Ingenieur“ vom Jahre 1875 nicht allein die Ausrodung der Waldungen, sondern auch die Ablassung der Teiche bezeichnet. Kaiser Carl IV. hat die Anlage von Teichen im Königreiche Böhmen auf Staatskosten anbefohlen und am Schlusse des 16. Jahrhunderts waren in Böhmen bei $1400 \square^{km}$ Teiche, von welchen gegenwärtig nur noch circa $150 \square^{km}$ vorhanden sein sollen.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Donautrome.

Bei der graphischen Zusammenstellung der mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände an den wichtigeren Pegelstationen der Donau auf Tafel 25 konnte ich nicht gleich lange Beobachtungs-Perioden wählen, weil einige derselben leider sehr kurz sind, dann weil die Quer- und Durchflussprofile der Donau an mehreren Pegelstationen in den letzten Decennien wesentlich verändert wurden, daher die zusammengestellten Resultate der mittleren Wasserstandshöhen nur bei gleichzeitiger Betrachtung mit den Veränderungen der Strombett-Profile verlässliche Schlussfolgerungen zulassen. Ich habe daher die von Staatstechnikern aufgenommenen älteren und auch neueren Querprofile der Donau wenigstens an den vier Pegelstationen bei Linz, Stein, Pest (Budapest) und bei Alt-Orsova mir zu verschaffen gesucht, selbe auf Tafel 26 genau verzeichnet und werde die Beobachtungs-Ergebnisse der Wasserstände an den einzelnen Pegeln, mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Veränderungen an den Durchflussprofilen hier in Kürze besprechen.

Donau bei Dillingen.

Das bedeutende Fallen aller Wasserstände, respective die starke Senkung des Wasserspiegels der Donau bei Dillingen in Bayern in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode, von 1835 bis 1874, ist nach der mir mit der Zuschrift vom 3. December 1877 freundlichst mitgetheilten Ansicht des königl. bayerischen Oberbau-Directors Herrn Bernhard v. Herrmann in München, den in den letzten Decennien mit grosser Energie bewirkten Donau-Corrections-Arbeiten daselbst zuzuschreiben.

Die graphische Darstellung der Wasserstände bei Dillingen ist insoferne sehr beachtenswerth, weil hieraus die nachstehenden Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Die unbedeutenden Differenzen bei den mittleren Höhen aller Monats-Wasserstände, dann das geringe Anschwellen der höchsten und das eben so geringe Sinken der niedrigsten Wasserstände sprechen dafür, dass im oberen Ursprungsgebiete der Donau noch sehr ausgedehnte Waldbestände vorhanden sind, welche einen so gleichmässigen Wasserabfluss in der Donau bei Dillingen regeln.

Die fast gleichgrossen Wasserstands-Abnahmen in allen Monaten, dann auch bei Hoch- und Niederwasserständen in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1855 bis 1874 liefern den Beweis, dass durch die ausgedehnten Regulirungen des Stromlaufes bei Dillingen nicht nur eine Vertiefung des Strombettes bewirkt, sondern auch die Geschwindigkeit der Wasserströmung bedeutend gesteigert worden ist.

Die graphische Darstellung der Wasserstände in der Donau bei Dillingen könnte sonach als ein Prototyp-Bild für die Wasserstände jener Flüsse angesehen werden, deren Abflussverhältnisse durch grosse Waldcomplexe in ihrem Niederschlagsgebiete geregelt werden, ferner auch für solche Stromstrecken, in welchen ausgedehnte und radicale Strom-Regulirungen, insbesondere bedeutende Abkürzungen des Stromlaufes und Steigerungen der relativen Gefälle mittelst Aushebung von Durchstichen ausgeführt worden sind. Da nun keine der von mir gezeichneten graphischen Darstellungen der Wasserstände an mehreren anderen Strömen und an verschiedenen Pegelstationen dem Prototyp-Bilde bei Dillingen bezüglich der sehr gleichmässigen Wasserstände und der fast gleich grossen Wasserstands-Abnahmen in allen Jahreszeiten ähnlich sind, so folgt hieraus, dass die hierauf bei Dillingen einwirkenden Ursachen bei den anderen Strömen und Pegelstationen entweder gar nicht oder nur im untergeordneten Grade vorkommen.

Donau bei der Stadt Linz.

Die graphische Darstellung der Wasserstände am Pegel bei Linz zeigt in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1849 bis 1875 in den fünf wasserreichsten Monaten April, Mai, Juni, Juli und August fast keine Veränderung, dagegen eine Wasserstands-Abnahme oder Senkung des Wasserspiegels in den anderen sieben Monaten von 0.036 bis 0.211^m, ferner beim mittleren Jahres-Wasserstande von 0.079^m, bei Hochwässern von 0.158^m und bei Niederwässern von 0.013^m.

Aus den in den Jahren 1850 und 1877 nur 50^m oberhalb des Brückenpegels genau aufgenommenen, auf Tafel 26 verzeich-

neten Querprofilen des Stromes ist jedoch zu ersehen, dass in dieser Zeit das Durchflussprofil durch die Anlage von Treppelwegen und Uferschutzbauten verkleinert worden ist, und zwar beim Nullwasser um 42^m, beim Mittelwasser um 60^m und beim Hochwasser von 6^m um 149^m, daher bei dieser Profils-Verminderung der Stromwasserspiegel in der zweiten Beobachtungs-Periode von 1850 bis 1875 hätte gehoben werden müssen:

beim Nullwasser	um circa	0.17 ^m
„ Mittelwasser	„ „	0.25 ^m
und „ Hochwasser	„ „	0.57 ^m

Wenn also die Verengung des Durchflussprofils nicht vorgenommen worden wäre, so würden in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1849 bis 1875 die Wasserspiegel-senkungen betragen haben:

beim Nullwasser	circa	0.18 ^m
„ Mittelwasser	„	0.33 ^m
und „ Hochwasser	„	0.73 ^m

welche, da daselbst weder eine Stromregulirung vorgenommen wurde noch eine Strombettvertiefung eingetreten ist, nur eine Folge der Abnahme der in der Donau bei Linz abströmenden Wassermenge sein könnten.

Donau bei der Stadt Stein.

Die Wasserstands-Beobachtungen am Donaupegel bei der Stadt Stein nächst Krems sind für die vorliegende Abhandlung aus dem Grunde sehr wichtig, weil dort eine der ältesten hölzernen Jochbrücken über die Donau, dann ein stark benützter Schiffslandungsplatz besteht, daher daselbst schon wegen der öfteren Erneuerung der Brückenjoche und wegen Bestimmung der geeignetsten Durchfahrtsöffnung, sehr häufig genaue Querprofile des Stromes sondirt und aufgenommen, dann die Pegel-Beobachtungen seit dem Jahre 1829 noch aufbewahrt worden sind.

Bei den gepflogenen Erhebungen habe ich zunächst constatirt, dass am Donau-Stromlaufe bei Stein seit dem Jahre 1829 keine Regulirungen vorgenommen wurden, und dass erst im Jahre 1874 eine Einengung des Bettes an der Brückenstelle bewirkt wurde, daher ich auch die hiedurch alterirten Wasserstands-Beobachtungen und Strombettänderungen seit 1874 nicht mehr in Betrachtung gezogen habe.

Ich habe ferner die in amtlicher Aufbewahrung befindlichen Querprofile des Stromes bei der Brücke in Stein aus den Jahren 1838, 1848, 1858, 1869 und 1872 ausgehoben, miteinander verglichen, endlich das erste und letzte Querprofil auf Tafel 26 übereinander gezeichnet, aus welchen nun zu ersehen ist, dass die aus Schotter bestehende Sohle des Strombettes*) durch Hochwasser zeitweise wohl vertieft, dann aber wieder verschottert wird, so dass die mittlere verglichene Querprofilstiefe im Jahre 1872 im Vergleiche zu jener von 1838 nur um 5^{cm} differirt, daher

*) Die ursprüngliche Annahme der Staatstechniker, dass ein Theil des Strombettes von einer Felsenbank durchzogen wäre, hat sich nachträglich durch die daselbst eingetretene Vertiefung des Bettes als unrichtig herausgestellt, indem die 1800^m stromabwärts im Strombette zu Tage tretende Felsenbank entweder bis zur Brücke bei Stein nicht hinaufreicht, oder aber daselbst erst in einer grösseren Tiefe unter der Schottersohle liegt.

man hieraus ersehen kann, dass eine allgemeine Vertiefung der Strombettsohle durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers nicht erfolgt ist, mithin die diesbezügliche Hypothese Grebenau's unbegründet erscheint.

Nachdem ferner aus der graphischen Darstellung der Wasserstände bei Stein auf Tafel 25 zu ersehen ist, dass in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1853 bis 1873 die sämtlichen Wasserstände abgenommen haben, und zwar:

die mittleren Monats-Wasserstände um . 0·079 bis 0·421^m
 der mittlere Jahres-Wasserstand um 0·218^m
 die mittlere Höhe der Hochwässer um 0·579^m
 die mittlere Höhe der Niederwässer um 0·210^m,

so kann hieraus bei der Donau nächst Stein, wo keine Stromregulierung vorgenommen wurde, dann auch keine Strombettvertiefung eingetreten ist, mit vollster Berechtigung behauptet werden, dass die nachgewiesenen Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegel-Senkungen nur eine Folge der Abnahme der in der Donau abströmenden Wassermengen sein können.

Donau bei Wien.

Weil der Donaustrom bei Wien in zwei grosse Hauptarme und in den 50^m breiten Wiener Donaucanal getheilt war, dann weil seit dem Jahre 1850 mehrere kleinere Seitenarme gleich unterhalb Wien abgebaut worden sind, so konnten die successive eingetretenen Veränderungen in den Durchflussprofilen nicht erhoben werden.

Nur aus dem Umstande, dass der eine bei 150^m breite südliche Seitenarm, das sogenannte Kaiserwasser, welcher in früherer Zeit noch eine Wassertiefe bis zu 2^m unter Null hatte, und in welchem ein bedeutendes Wasserquantum abgeströmt ist, nach und nach so sehr verschottert wurde, dass in diesem einst mächtigen Seitenarme beim Nullwasser schon kein Wasser mehr abfloss, wobei das Quer- und Durchflussprofil des zweiten nördlichen Hauptarmes fast unverändert verblieb, kann man nur im Allgemeinen behaupten, dass das Durchflussprofil der Donau bei Wien in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1851 bis 1874 bedeutend kleiner geworden ist.

Wenn nun dessenungeachtet, laut der tabellarischen Zusammenstellung der Wasserstände und der graphischen Darstellung derselben auf Tafel 25, die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der vorgekommenen Hoch- und Niederwässer in der Periode von 1851 bis 1874 um 0·155 bis 0·532^m kleiner geworden sind, so kann man hieraus wohl folgern, dass die in dieser Periode in der Donau abgeflossenen Wassermengen abgenommen haben.

Die Wasserstands-Beobachtungen nach dem Jahre 1874 wurden in die vorliegende Zusammenstellung aus dem Grunde nicht mehr einbezogen, weil in Folge der im Jahre 1875 erfolgten Eröffnung des bei Wien auf die ganze normale Strombreite und Tiefe ausgehobenen 6450^m langen Durchstiches und gänzlichen Abdämmung des alten Strombettes, dann wegen der Verlegung des Pegels aus dem letzteren in den Durchstich, aus der Vergleichung der Wasserstände vor und nach der Durchsticheröffnung keine verlässlichen Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Donau bei Pest, jetzt Budapest genannt.

Aus den auf Tafel 26 verzeichneten zwei Querprofilen der Donau zwischen Pest und Ofen aus den Jahren 1833 und 1874 ist ersichtlich, dass durch die im Jahre 1840 bis 1846 erfolgte Erbauung der grossen Kettenbrücke daselbst, dann durch die Anlage der beiderseitigen Quaimauern ober- und unterhalb der letzteren die Strombreite um circa 80^m und das Durchflussprofil ober Null um beiläufig 400^m verengt worden ist, wodurch der Strom gezwungen wurde, die Strombettsohle zu vertiefen und das Durchflussprofil unter Null um circa 92^m zu vergrössern.

Ueberdies wurde der gleich unterhalb Pest ausäsende, bei 340^m breite und sehr mächtig gewesene Soroksärer Seitenarm im Jahre 1872 vollständig abgedämmt, wodurch die mittleren und höheren Wasserstände abermals gehoben wurden.

Wegen dieser bedeutenden Veränderungen der Durchflussprofile, dann wegen der leider nur für die sehr kurze Beobachtungs-Periode seit 1851 auffindbaren Wasserstands-Tabellen, können aus den letztern keine verlässlichen Schlussfolgerungen gezogen werden.

Donau bei Alt-Orsova.

Die Wasserstands-Beobachtungen am Donaupegel bei der Stadt Alt-Orsova sind für die Begutachtung und Entscheidung der vorliegenden Frage bezüglich der Wasserabnahme aus dem Grunde sehr wichtig und auch massgebend, weil oberhalb Orsova die sämtlichen grösseren Nebenflüsse bereits in den Strom eingemündet sind, und der letztere daselbst schon so wasserreich und mächtig ist, dass die in den einzelnen Nebenflüssen in Folge von besonderen Elementar-Ereignissen in den betreffenden Flussgebieten eintretenden abnormen Wasserstände auf die Abflussverhältnisse der Donau bei Orsova schon keinen Einfluss mehr ausüben, endlich weil wegen der grossen Verschiedenartigkeit der Configuration, der Bodenbeschaffenheit und der klimatischen Verhältnisse in den einzelnen Niederschlagsgebieten der aus Süden, Westen und aus Norden zuströmenden grösseren Nebenflüsse, dieselben ihre Hoch- und Niederwässer zu verschiedenen Zeiten abführen, der Donaustrom bei Orsova sonach schon als ein grosser Recipient und Regulator der in den einzelnen Nebenflüssen abströmenden Hoch-, Nieder- und Mittelwässer erscheint, daher man aus den am Pegel bei Orsova beobachteten Wasserständen auch am verlässlichsten auf die aus dem ganzen oberen Stromgebiete factisch abfliessenden Wasserquantitäten schliessen könnte, jedoch nur dann, wenn erwiesen wird, dass der Stromlauf, das Durchflussprofil und das Gefälle der Donau bei Orsova während der Beobachtungs-Periode vollständig unverändert geblieben sind.

Aus jeder grösseren Stromkarte von Europa und den erschienenen Hydrographien ist zu ersehen, dass das Strombett der Donau auf 106^{km} Länge oberhalb und auf 9·5^{km} Länge unterhalb Orsova in einem grossartigen Gebirgsdurchbruche der südlichen Karpathenkette liegt, ferner dass das Strombett daselbst fast durchgehends von hohen Felsenwänden eingeschlossen und auch in der Sohle grösstentheils von Felsenbänken begrenzt ist, daher man wohl behaupten kann, dass dieser Stromlauf, sowie auch dessen Querprofile seit Jahrhunderten unverändert bestehen.

Aus den von dem sehr intelligenten ungarischen Wasserbau-Ingenieur Paul Vásárhelyi in den Jahren 1832—1834 aufgenommenen Situations- und Profilplänen, welche ich in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“ vom Jahre 1872, Heft X, mit einem Vortrage: „Ueber die Schiffbarmachung der Donau am Eisernen Thore und an den sieben Felsenbänken oberhalb Orsova“ veröffentlicht habe, ist zunächst ersichtlich, dass die Donau 971^m oberhalb Orsova beim Nullwasser eine Normalbreite von 423^m und im Stromstriche eine Wassertiefe von 11·85^m hatte. Da nun in dem vom k. k. Oberbaurathe Herrn Johann Ritter von Wawra, welcher als Mitglied der nach Orsova entsendeten internationalen technischen Commission zur Feststellung der Regulierungs-Projecte delegirt war, im Jahre 1873 genau aufgenommenen und von mir auf Tafel 26 copirten Querprofile der Donau 971^m oberhalb Orsova die Normalbreite beim Nullwasser mit 424^m und die grösste Tiefe im Stromstriche mit 11·715^m gefunden wurde, so liefert auch diese sehr nahe Uebereinstimmung der Ausmasse den Beweis, dass bei Orsova seit dem Jahre 1832 das Strombett, die Wassertiefe und das Durchflussprofil unverändert geblieben sind, was auch ganz natürlich ist, weil die ganz mit Felsen begrenzten Querprofile des Stromes gleich oberhalb und unterhalb Orsova, eine Veränderung des Profils bei Orsova unmöglich machen.

Die erste priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft hat zwar in den Jahren 1847—1849 und die k. k. österreichische Regierung im Jahre 1855 am unteren Ende des Kataraktes beim Eisernen Thore einige in der Fahrrinne vorragende und der Schifffahrt gefährlich gewesene Felsenköpfe wegsprengen lassen, doch diese Absprengungen konnten auf die Wasserstände bei Orsova nicht den geringsten Einfluss ausüben, weil das Profil dieser Köpfe im Vergleiche zum Querprofile der Donau verschwindend klein war, ferner weil dieselben, 9·5^{km} von Orsova entfernt, am unteren Theile des Kataraktes, also unterhalb der Ueberfallsschwelle desselben an einer Stelle der Felsenbank standen, welche circa 7^m tief unter dem Nullpunkte bei Orsova gelegen ist. Nachdem ferner aus dem von mir im Jahre 1872 veröffentlichten Längenprofilplane zu ersehen ist, dass zwischen Orsova und dem Eisernen Thore in den Entfernungen von 4·5 und 6·5^{km} zwei continuirliche Felsenbänke quer über die ganze Breite des Strombettes laufen, deren höchste Rücken nur 1·32^m und 1·42^m unter dem Nullwasserspiegel liegen, so war auch eine Aenderung des Gefälles der Donau daselbst platterdings unmöglich, und man kann daher wohl behaupten, dass während der Beobachtungs-Periode von 1840 bis 1875 der Stromlauf, das Querprofil und das Gefälle der Donau bei Alt-Orsova ganz unverändert geblieben sind. Da nun aus der tabellarischen Zusammenstellung der Wasserstände am Pegel bei Orsova und der graphischen Darstellung derselben auf Tafel 25 zu ersehen ist, dass in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1858 bis 1875 die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der Hoch- und Niederwässer um 0·157 bis 0·737^m kleiner geworden sind, so kann diese allgemeine Wasserstands-Abnahme, respective Senkung des Stromwasserspiegels, einzig und allein nur damit erklärt werden, dass die in der Donau bei Orsova in den einzelnen Monaten des Jahres

und bei den verschiedenen Wasserständen abströmenden Wasserquantitäten abgenommen haben.

Weil ferner notorisch bekannt ist, dass in mehreren Nebenflüssen der Donau, wie z. B. in der Theiss und in der Save, in den letzten Decennien die Hochwässer zeitweise höher anschwellen, mithin auch grössere Wassermengen abführen, diese letzteren jedoch sehr häufig, mit den Nieder- und Mittelwässern mehrerer anderen Nebenflüsse zusammengossen, gleichzeitig im grossen Bette der Donau bei Orsova abströmen, diese Gesamtgewässer jedoch in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode nicht mehr dieselbe Höhe wie in der ersten Periode erreichen, ja selbst die höchsten Hochwässer daselbst um 0·55^m weniger hoch als früher ansteigen, so wird durch diese von der Natur selbst vollzogenen grossartigen Wassermessungen im Donaustrome bei Orsova auch noch der wohl Jedermann einleuchtende und zugleich unanfechtbare Beweis geliefert, dass die zeitweise stattfindenden grösseren Wasserzuflüsse der Hochwässer bei einigen Nebenflüssen die andauernden Wasserverminderungen bei den Nieder- und Mittelwässern in den anderen Nebenflüssen nicht compensiren können.

Aus der Vergleichung der Monats-Wasserstände an den sechs Donauegeln ist ferner ersichtlich, dass bei Stein, Wien und Orsova die Wasserstands-Abnahme im Monate October am grössten war, daher hierauf eine und dieselbe Ursache im ganzen Stromgebiete, also offenbar eine Verminderung der atmosphärischen Niederschläge eingewirkt hat.

Bei dieser Vergleichung wird man ferner finden, dass die Donau während ihres Laufes von Linz bis Orsova ihre Abflussverhältnisse (Regime) theilweise verändert hat, indem in derselben die grössten Wasserquantitäten bei Linz, Stein und Wien in den Monaten Juni, Juli und August, also zur Zeit der Schneeschmelze in den Alpen, dagegen bei Orsova in den Monaten April und Mai, also während der Regengüsse im Frühjahr abgeführt werden.

Obwohl die im vorstehenden Absatze bei den drei Hauptströmen von Mitteleuropa Donau, Rhein und Elbe gelieferten detaillirten Nachweisungen über die Wasserstands-Abnahmen und Wasserspiegelsenkungen in den ganzen Längen dieser Stromläufe zur Begründung meiner Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen genügen dürften, habe ich noch im Interesse der Wissenschaft, dann um die Zusammenstellung und Veröffentlichung weiterer bezüglichlicher Beobachtungs-Resultate anzuregen, endlich um die eindringlichsten Studien der so hochwichtigen Wasserfrage auch anderen Fachgenossen und Naturforschern zu erleichtern, in der am Schlusse dieser Abhandlung beigelegten Uebersichts-Tabelle die von mir und vom Herrn Grebenau für 13 Flüsse und für 51 Pegelstationen gesammelten Wasserstands-Beobachtungen zusammengestellt, in Perioden getheilt und für dieselben die mittleren Höhen der Jahres-Wasserstände, dann der Hoch- und der Niederwässer berechnet, endlich die sich hieraus ergebenden Wasserspiegelsenkungen für ein Jahr in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Perioden ermittelt, um dann die letzteren für die einzelnen Ströme und Pegelstationen mit einander leichter vergleichen zu können.

Bezüglich der Art der Berechnung der vorerwähnten Tabelle erlaube ich mir nur noch die nachstehenden Erläuterungen zu

geben. Ich habe nicht nur die mittleren Jahres- sondern auch die mittleren Monats-Wasserstände berechnet, da man gerade aus der Vergleichung der letzteren die Veränderungen des Regimes der Ströme, dann auch das Factum klar ersieht, dass die sich zeigenden Wasserstands-Abnahmen durch die Vertiefungen der Strombette allein nicht erklärt werden könnten.

In den von mir gelieferten Wasserstands-Uebersichten habe ich aus den in jedem Jahre vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserständen die mittleren Höhen derselben berechnet, doch auch diese letzteren geben über die Veränderungen der Abflussverhältnisse in einem Strome während einer längeren Zeitperiode kein so klares und belehrendes Bild, als die graphischen Darstellungen der niedrigsten, mittleren und der höchsten Wasserstände, wie ich solche in meiner ersten Abhandlung für den Rhein, die Donau, Elbe, Weichsel und die Oder, dann vorliegend auf Tafel 22 und 24 für den Rhein bei Emmerich, dann für die Elbe bei Dresden verzeichnet habe.

Aus der hier angeschlossenen Uebersichts-Tabelle der für 13 Ströme und 51 Pegelstationen berechneten mittleren Wasserstandshöhen sind nun die nachstehenden wichtigen Beobachtungs-Resultate zu entnehmen.

1. Von den in der Tabelle in den verschiedenen Beobachtungs-Perioden zusammengestellten 160 Wasserstands-Differenzen zeigen 149 eine Senkung und nur 11 eine Hebung der Stromwasserspiegel an, wobei überdies die Entstehung der letzteren entweder als eine Folge der jetzt höher anschwellenden Hochwässer, oder der Verengung der Durchflussprofile, oder aber der Versandung der Strombettsohle leicht nachgewiesen werden kann.

2. Die durchschnittlichen Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen per Jahr sind nicht nur in den einzelnen Strömen, sondern auch an den Pegelstationen desselben Stromes, dann auch für die niedrigen, mittleren und für die höchsten Wasserstände sehr verschieden, und zwar offenbar deshalb, weil die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge in den einzelnen Stromgebieten jedenfalls sehr verschieden ist, ferner weil auf diese Wasserspiegelsenkungen nicht nur die Wasserabnahme, sondern auch die in einzelnen regulirten Stromstrecken eingetretenen Vertiefungen der Strombette, endlich auch die Configurationen der Quer- und Durchflussprofile einen grossen Einfluss ausgeübt haben.

Aus diesem Grunde erscheint die von Grebenau versuchte Berechnung einer verglichenen mittleren Senkung der Wasserspiegel für die sämtlichen von ihm in Betracht gezogenen 14 Ströme mit 75 Pegelstationen, dann auch für die verschiedenen Wasserstände in denselben, ganz unstatthaft, da man hiebei nur zu unrichtigen Schlussfolgerungen gelangt.

3. Weil aus den von mir sowohl in der ersten, als auch in der vorliegenden Abhandlung gelieferten graphischen Darstellungen der verschiedenen Wasserstände an den fünf Strömen Rhein, Donau, Elbe, Weichsel und Oder selbst bei der eingehendsten Prüfung derselben nicht zu erkennen ist, dass bei diesen Strömen die sehr wasserreichen und die sehr wasserarmen Jahre eine gewisse Anzahl von Jahren andauern, oder dass dieselben regelmässig abwechseln, oder endlich in bestimmten Perioden wiederkehren, so kann man auch nicht angeben, wie viele Jahre

die Pegelstands-Beobachtungen dauern müssen, um aus denselben ganz verlässliche mittlere Wasserstandshöhen berechnen zu können, daher man auch die unbedingt nothwendige Dauer der zwei Beobachtungs-Perioden, deren Resultate mit einander verglichen werden sollen, weder aus der Theorie noch aus der Erfahrung bestimmen kann. Es ist jedoch Jedermann einleuchtend, dass je länger die einzelnen Beobachtungs-Perioden sind, desto genauer und verlässlicher die hienach berechneten mittleren Wasserstandshöhen ausfallen werden, indem alsdann das in der einen oder in der anderen Periode allenfalls vorkommende sehr wasserreiche oder sehr wasserarme Jahr auf die berechnete mittlere Wasserstandshöhe einen um so geringeren Einfluss ausüben kann.

Mit Rücksicht auf die vorstehenden Bemerkungen wird man den in der beiliegenden Tabelle berechneten Wasserstands-Abnahmen, welche aus längeren Beobachtungs-Perioden ermittelt sind, einen grösseren Werth beilegen müssen als jenen, welche nur aus kurzen Perioden berechnet wurden.

Aus den in der Tabelle zusammengestellten mittleren Wasserstands-Abnahmen per Jahr ist nun ersichtlich, dass diese Abnahmen für die längeren Zeitperioden sich im Allgemeinen geringer herausstellen, als für die kurzen Perioden, dann dass diese Wasserspiegelsenkungen in den letzten Decennien bedeutend grösser geworden sind, als solche in früheren Zeiten waren, was allerdings mit den, in den letzten Decennien erfolgten häufigeren Abstockungen ausgedehnter Waldflächen, Auffassungen vieler Teiche, Entwässerungen von Sümpfen, dann mit den Meliorationen und Bewässerungen grosser Grundflächen, erklärlich wäre.

Post Nr.	Namen des Stromes und der Pegelstation	Senkung der mittleren Jahres- Wasserstände per Jahr
		in Centimeter
	I. Rhein.	
1	Basel.....	0·29
21	Bingen.....	0·61
25	Emmerich.....	1·02
	II. Donau.	
31	Stein	1·04
32	Wien	1·08 *)
34	Alt-Orsova	2·28
	III. Elbe.	
35	Dresden	0·50 *)
40	Magdeburg	1·00
	IV. Weichsel.	
42	Krakau	1·10
43	Kurzebrack.....	1·42
	V. Oder.	
44	Küstrin	0·92
	X. Seine.	
53	Paris.....	0·51 **)
	XI. Glommen.	
54	Nastangen.....	0·28
55	Sarpfos	0·61
	XII. Mississippi.	
56	Natchez.....	1·77

*) Bei Wien und Dresden wurde die in Folge der nachgewiesenen Strombettvertiefung eingetretene Wasserspiegelsenkung in Abzug gebracht.

**) Bei Paris wurde das Mittel aus der Senkung der höchsten und der niedrigsten Wasserstände genommen.

4. Werden aus der Uebersichts-Tabelle die Wasserspiegelsenkungen nur für die mittleren Jahreswasserstände, welche jedenfalls die beachtenswerthesten sind, ferner nur für die wichtigsten Pegelstationen, an welchen keine wesentlichen Strombettveränderungen vorgekommen sind, endlich für die längsten Beobachtungs-Perioden zusammen gestellt, so erhält man das nebenstehende Schema, aus welchem zu ersehen ist, dass die Senkungen der mittleren Jahres-Wasserstände in den einzelnen Strömen mit der grösseren Ausdehnung der Strom- respective der Niederschlagsgebiete auch grösser werden, was abermals einen Beweis liefert, dass diese Wasserspiegelsenkungen nur eine Folge der Verminderung der atmosphärischen Niederschläge, also auch der Abnahme der in den Stromläufen abfliessenden Wasserquantitäten sind.

ad B) Die Vermuthung einiger der Herren Opponenten, dass aus den Wasserstands-Abnahmen auf eine Verminderung der in den Strömen abfliessenden Wasserquantitäten noch nicht mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann, ist unbegründet, wie aus nachstehenden Nachweisungen ersichtlich wird.

Herr Grebenau, welcher für Wasserconsumtions-Messungen in Flüssen und Strömen als einer der versirtesten Hydrotechniker in Deutschland bekannt war, hat in seiner früheren Stellung als Bau-Inspector in Gernersheim in den Jahren 1866 bis 1870 im Rheinstrome bei Neuburg, Pforz und bei Gernersheim bei verschiedenen Wasserständen an sechs Stellen 28mal die Querprofile, die Gefälle und die Stromgeschwindigkeiten mit thunlichster Genauigkeit gemessen und hieraus die im Rhein während der 28jährigen Periode von 1840 bis 1867 abgeströmten Wasserquantitäten berechnet, welche ich in meiner ersten Abhandlung von 1873 auch veröffentlicht habe. Aus diesen Messungen hat Herr Grebenau die mittlere Abflussmenge des Rheins von 1840 bis 1867 mit 1178^{kbn} per Secunde, dann die dieser Durchflussmenge entsprechende Wasserstandshöhe mit $+1.00^m$ ober Null am Sonderheimer Pegel gefunden, wogegen die aus den sämtlichen, während dieser Zeitperiode beobachteten Wasserständen berechnete arithmetische mittlere Wasserstandshöhe $+0.94^m$ ober Null war, daher die Differenz beider Höhen nur 0.06^m betragen hat.

Herr Grebenau schrieb mir bei der Mittheilung der obigen Messungsergebnisse am 2. Februar 1872 seine nachstehende Ansicht:

„Hieraus geht hervor, dass der mittlere Wassermassenstand auch so ziemlich dem arithmetischen Pegelstande entspricht, und dass es also nicht viel gefehlt gewesen wäre, wenn man von vornherein die mittlere Durchflussmenge des Rheins aus dem arithmetisch mittleren Wasserstande abgeleitet hätte. Dies ist ein neues nicht unwichtiges Gesetz, das grosse, weitläufige Rechnungen abschneidet.“

In der von Grebenau veröffentlichten Brochure über die Resultate der Pegel-Beobachtungen am Rhein und der Mosel vom Jahre 1874, gibt er diesbezüglich auf pag. 20 noch die folgende Aeusserung ab:

„Obwohl die jedem mittleren Jahres-Wasserstande entsprechende mittlere Durchflussmenge des Rheins sehr nahe dem Pegelstande proportional ist, so darf doch aus der Differenz der mittleren Wasser-

stände der zwei Perioden vor und nach 1840 nicht auf eine Abnahme der Durchflussmenge des Rheins geschlossen werden; die Senkung des mittleren Jahres-Wasserstandes ist lediglich eine Folge der Rhein-Correction.“

Dass auch an anderen Strömen die mittlere Durchflussmenge aus dem mittleren Pegelstande mit sehr annähernder Genauigkeit berechnet werden kann, wird auch aus den nachstehenden Vermessungsergebnissen ersichtlich.

Herr Harlacher, Professor der Ingenieur-Wissenschaften am deutschen Polytechnikum in Prag, hat in den Jahren 1871 bis 1872 die in der Elbe an der böhmisch-sächsischen Grenze bei Herrnskretsch abströmenden Wasserquantitäten in einem regelmässigen Querprofile bei verschiedenen Wasserständen mit grosser Genauigkeit gemessen, und hienach das in den 12 Monaten vom ersten Juli 1871 bis Ende Juni 1872 in der Elbe abgeströmte Wasserquantum berechnet, und obwohl in dieser Zeit fünf Hochwässer (darunter auch das in Folge von Wolkenbrüchen ausserordentlich hohe vom Mai 1872) eingetreten waren, fand Herr Harlacher dennoch, dass die Differenz zwischen dem mittleren Pegelstande, und dem der abgeflossenen mittleren Wassermenge entsprechenden Wasserstande während der obigen 12 Monate nur 0.08^m , richtiger berechnet sogar nur 0.04^m betragen hat. (Siehe „Beiträge zur Hydrographie Böhmens“ von A. R. Harlacher. Prag 1872 und 1875.)

Hiebei wird nur noch bemerkt, dass in den von Grebenau und von Harlacher berechneten Fällen jedesmal die mittleren Pegelstände um die ausgewiesenen Differenzen kleiner waren, als die den abströmenden Wassermengen entsprechenden Wasserstände, ferner dass in jenen Monaten, wo nur mässige Hochwässer vorkamen, diese Differenzen, wie aus den Berechnungen Harlacher's zu ersehen ist, gleich Null, dagegen nur in Monaten mit sehr hohen Hochwässern etwas grösser, jedoch im Durchschnitte für längere Zeitperioden jedesmal nur sehr klein gefunden werden.

Da man nun annehmen kann, dass die vorangegebenen Verhältnisse auch bei den anderen Strömen während der verschiedenen Beobachtungs-Perioden sich in gleicher Art herausstellen, dann in weiterer Erwägung, dass der dem mittleren Durchfluss-Quantum in einem Strome entsprechende Wasserstand für eine längere Zeitperiode nur durch sehr schwierige und weitläufige hydrotechnische Messungen und Berechnungen ermittelt werden kann, wobei sich sehr leicht auch bedeutende Fehler einschleichen können, wird sicher jeder erfahrene Hydrotechniker mir beistimmen, dass in Stromstrecken, in welchen das Querprofil und das Gefälle unverändert geblieben sind, aus der Abnahme der mittleren Jahres-Wasserstände für eine längere Zeitperiode, auch auf die Abnahme der in dieser Stromstrecke abgeflossenen Wassermenge mit voller Berechtigung und mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann.

ad C) Die von einigen Herren Opponenten ausgesprochene Vermuthung, dass die in den Flüssen und Strömen abfliessenden Wasserquantitäten wahrscheinlich nicht abgenommen haben, sondern vielmehr nur das Regime derselben sich verändert habe, indem gegenwärtig bei den kleinen und mittleren Wasserständen zwar weniger, dagegen bei den Hochwässern bedeutend

mehr Wasser abströmt, daher die erstere Abnahme durch die letztere Zunahme sich ausgleichen dürfte, ist offenbar unrichtig, weil bei einigen Strömen und an mehreren Pegelstationen derselben, auch die höchsten Hochwasserstände in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode abgenommen haben, wie z. B. am Rhein bei Basel, Worms, Bingen und Cöln, an der Donau bei Stein und Orsova, an der Weichsel bei Krakau, dann an der Oder bei Küstrin, ferner, weil bei der Berechnung der arithmetischen mittleren Höhen der Jahres-Wasserstände auch die zeitweise vorkommende höhere Anschwellung der Hochwässer mit in Rechnung gezogen wurde, und dennoch die gefundenen mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände, ja selbst die mittleren Höhen der jährlich vorgekommenen Hochwässer, bei den in der Uebersichts-Tabelle zusammengestellten 13 Strömen mit 51 Pegelstationen fast durchgehends abgenommen haben, endlich, weil in dem Falle, wenn nur eine Regime-Aenderung eingetreten wäre, gegenwärtig in einigen Monaten des Jahres zwar weniger, dagegen in den anderen Monaten mehr Wasser abfliessen müsste, was jedoch bei den angeführten Strömen, mit Ausnahme einiger wenigen Pegelstationen, nicht vorkommt.

Den schlagendsten Beweis von der Unrichtigkeit der Vermuthung, dass die Wasserabnahmen bei den Nieder- und Mittelwässern durch die zeitweise vorkommenden grösseren Zuflüsse der Hochwässer ausgeglichen werden dürften, habe ich überdies auch schon bei der Beschreibung der Abflussverhältnisse im Rhein bei Emmerich, dann in der Donau bei Alt-Orsova geliefert.

ad D) Die vom Herrn Baurathe Sasse in seiner Abhandlung über die Stromverhältnisse der Elbe bei Torgau*) aufgestellte Behauptung, dass man erst aus der Vergleichung der Pegelstände von wenigstens 200 Jahren auf eine Abnahme der in den Flüssen abströmenden Wasserquantitäten mit Verlässlichkeit schliessen könne, wäre nur dann begründet, wenn constatirt wäre, dass die sehr wasserreichen und die sehr wasserarmen Jahre in längeren Zeitperioden von circa 40 bis 50 Jahren wechseln und wiederkehren, weil man alsdann jedenfalls wenigstens zwei wasserreiche und zwei wasserarme Zeitperioden in die berechneten mittleren Jahres-Wasserstände aufnehmen müsste, um verlässliche Mittelwerthe zu erhalten. Nachdem jedoch aus den von mir sowohl in der ersten, als auch in der vorliegenden Abhandlung gelieferten graphischen Darstellungen der Wasserstände an fünf Strömen und für Beobachtungs-Perioden von 60 bis 142 Jahren zu ersehen ist, dass die sehr wasserreichen und sehr wasserarmen Jahre höchstens nur 3 bis 5 Jahre anzudauern pflegen, dieselben überdies in keinen regelmässigen Perioden wiederkehren, dann auch die weitere Voraussetzung des Herrn Sasse, dass in einem Strome in wasserreichen Jahren oft dreimal so viel Wasser abfliesst, als in wasserarmen, nur bei den wenigsten Strömen, und auch da nur äusserst selten, eintritt, wovon man sich gleichfalls aus den graphischen Darstellungen leicht überzeugen kann, so erscheint seine Behauptung, dass zur verlässlichen Schlussfolgerung, bezüglich der Wasserabnahme in den Flüssen, wenigstens 200 Jahre lange Pegelstands-Beobachtungen erforderlich wären, nicht begründet, indem aus den graphischen Darstellungen vielmehr hervorgeht, dass man auch

schon aus 40- bis 60jährigen Pegelstands-Beobachtungen, wenn dieselben in zwei Perioden abgetheilt, für diese die mittleren Wasserstände berechnet und miteinander verglichen werden, die Zu- oder Abnahme der letzteren, und sonach auch der abströmenden Wasserquantitäten mit Verlässlichkeit beurtheilen kann.

Hiebei glaube ich nur noch bemerken zu sollen, dass, wenn in einem Jahre in der einen oder in der anderen Hälfte der Beobachtungs-Periode, ein ausserordentliches elementares Hochwasser vorkommen sollte, wie solches zuweilen kaum in 100 Jahren einmal eintritt, so erscheint es wegen Erlangung einer richtigeren mittleren Wasserstandshöhe allerdings gerathen, ein solches abnormes Jahr auszuschneiden, und statt desselben das wasserreichste Jahr mit dem höchsten Hochwasserstande aus der anderen Hälfte der Beobachtungs-Periode einzuschalten.

Die vorstehend angedeuteten Correcturen habe ich jedoch bei den von mir zusammengestellten Wasserstands-Uebersichten und bei den graphischen Darstellungen nicht für nothwendig gehalten.

ad E) Die Ansicht einiger Herren Opponenten, dass nur durch die von Zeit zu Zeit vorzunehmenden directen Messungen der in den einzelnen Flüssen und Strömen abfliessenden Wasserquantitäten, nach einer längeren Zeitperiode verlässlich constatirt werden kann, ob eine Wasserabnahme in denselben wirklich eingetreten ist oder nicht, erscheint allerdings im ersten Momente ganz einleuchtend, wenn man jedoch das ganze Verfahren, dann die Art und Weise, in welcher diese Wassermessungen und Berechnungen durchgeführt werden müssten, reiflich erwägt, so gelangt man zu dem überraschenden Resultate, dass die gewünschte Constatirung, ob eine Wasserabnahme stattgefunden hat oder nicht, durch die directen Wassermessungen ganz unpraktisch, ja fast unausführbar wäre, wie ich dies nachfolgend erweisen werde. Zunächst wird jeder Hydrotechniker bestätigen, dass in einer Stromstrecke, in welcher der Stromlauf, das Querprofil, oder das Gefälle häufigen Veränderungen ausgesetzt sind, es geradezu zu den Unmöglichkeiten gehören würde, daselbst fortwährende Wasser-Consumptions-Messungen, bei allen eintretenden Strombett-Veränderungen und bei allen Wasserständen durch 30 bis 40 Jahre hindurch ununterbrochen durchzuführen, um dann aus der Vergleichung der in der ersten und in der zweiten Hälfte der Vermessungsperiode abgeflossenen gesammten Wasserquantitäten beurtheilen zu können, ob eine Ab- oder Zunahme derselben stattgefunden hat. Bei diesem Sachverhalte wird mir also jeder erfahrene Hydrotechniker ferner beistimmen, dass solche Consumptions-Messungen nur in solchen Stromstrecken ausgeführt werden könnten, in welchen der Stromlauf, das Querprofil und das Gefälle während der ganzen Periode von 30 bis 40 Jahren vollständig unverändert geblieben sind, wie ich dies z. B. am Rhein bei Basel und an der Donau bei Alt-Orsova nachgewiesen habe.

Nehmen wir nun an, dass behufs der Entscheidung der Frage, ob in einem Strome die abfliessende Wassermenge zu- oder abnimmt, ein Hydrotechniker beauftragt wird, in einer ganz unveränderlichen Stromstrecke genaue Consumptions-Messungen durch 30 Jahre vorzunehmen, wobei wir der Einfachheit wegen auch noch annehmen wollen, dass in dieser Stromstrecke nur drei verschiedene Wasserstände vorkommen, und zwar der kleinste h , der mittlere h_1 und der Hochwasserstand h_2 .

*) „Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam.“ Jahrgang 1874.

Der Hydrotechniker hat nun, der ihm anvertrauten Mission entsprechend, gleich im ersten Jahre die genauen Wassermessungen durchgeführt, und hiebei gefunden, dass in diesem Strome an der gewählten Querprofilstelle bei dem Wasserstande h die Wassermenge M , bei dem Stande h_1 die Menge M_1 und bei dem Stande h_2 die Menge M_2 per Zeitsecunde abströmt.

Wenn nun dieser Hydrotechniker hierauf später, nach 5, 10, 20 und 30 Jahren, in demselben Querprofile eben so genaue Consumtions-Messungen bei den drei Wasserständen durchgeführt, so ist einleuchtend, dass derselbe bei vollständiger Unveränderlichkeit des Stromlaufes, des Querprofiles und des Gefälles, jedesmal ganz dieselben Durchflussmengen M , M_1 und M_2 finden muss, daher man trotz dieser Wassermessungen nach Verlauf von 30 Jahren noch immer nicht wissen wird, ob eine Zu- oder Abnahme der abgeströmten Wassermengen eingetreten ist, indem die Gesamtsumme der letzteren davon abhängig ist, wie lange Zeit hindurch die kleinen, die mittleren und die Hochwasserstände andauert haben.

Was hier von drei Wasserständen gesagt wurde, gilt natürlich auch von den sämtlichen variablen Wasserständen in einem Strome während der ganzen Beobachtungs-Periode, daher meine Behauptung wohl begründet erscheint, dass man nicht aus den in einem constanten Querprofile eines Stromes gemessenen Durchflussmengen, welche während der ganzen Zeitperiode für die gleich hohen Wasserstände jedesmal auch gleich gross sind, sondern zunächst nur aus der berechneten mittleren Höhe der vorgekommenen Wasserstände beurtheilen kann, ob die durchflossenen Wassermengen zu- oder abgenommen haben.

Wollte man jedoch die gesammten, während zweier Zeitperioden von circa 15 bis 20 Jahren in einem Strome abgeflossenen Wasserquantitäten berechnen und mit einander vergleichen, dann müsste das nachstehende Verfahren durchgeführt werden, welches schon Herr Grebenau bei der Berechnung der im Rheinstrome bei Sondernheim in den Jahren 1840 bis 1867, dann auch Herr Baurath Sasse bei der Berechnung der in der Elbe bei Torgau *) in den Jahren 1831 bis 1850 abgeflossenen Wasserquantitäten angewendet haben.

Zunächst muss auf Grundlage mehrerer sehr genauen Consumtions-Messungen bei verschiedenen Wasserständen in dem ausgewählten constanten Stromprofile, die Wassermengen-Curve für dieses Profil construiert werden, aus welcher die bei einem jeden beliebigen Wasserstande in einer Zeitsecunde abströmende Wassermenge leicht entnommen werden kann. Ferner muss aus den Pegelstands-Tabellen eine genaue Zusammenstellung gemacht werden, wie viele Tage jeder einzelne Wasserstand während der ganzen Zeitperiode gedauert hat, worauf dann die bei den einzelnen Wasserständen in einer Secunde abströmenden Wassermengen M , M_1 , M_2 etc. mit

$$60'' \times 60' \times 24^h = 86.400 \text{ Sekunden,}$$

und mit der Anzahl Tage, während welcher jeder einzelne Wasserstand in den 15- bis 20jährigen Halbperioden gedauert hat,

multiplicirt werden müssen, um endlich aus der Summirung aller dieser colossalen Posten die in den beiden Halbperioden abgeströmten gesammten Wasserquantitäten zu erhalten, deren Differenz schliesslich zeigen soll, ob in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode eine geringere Wassermenge abgeflossen ist.

Nun wird jeder erfahrene Hydrotechniker bestätigen müssen, dass bei den sehr schwierigen Consumtions-Messungen für die verschiedenen, insbesondere für die höheren Wasserstände in einem grösseren Strome, sowie bei der hierauf zu ermittelnden Wassermengen-Curve, ferner bei den früher beschriebenen äusserst langwierigen, zeitraubenden und ermüdenden Zusammenstellungen der gleich hohen Wasserstände aus langjährigen Pegelstandstabellen mit den hiebei unvermeidlichen Abrundungen der annähernd gleichen Wasserstände nach bestimmten Gruppen, endlich bei den eben so zeitraubenden Multiplicationen und Summirungen mit colossalen Ziffersummen, welche Arbeiten ein stark beschäftigter Ingenieur überdies nur Hilfsarbeitern übertragen muss, sich sehr leicht Fehler einschleichen können, welche die allenfalls factisch stattfindende Differenz zwischen den Abflussquantitäten in den beiden Halbperioden überwiegen, sonach ein gerade entgegengesetztes Resultat ergeben könnten, wogegen andererseits allgemein bekannt ist, dass die Berechnung der mittleren Jahres-Wasserstände in den Pegelstandstabellen selbst, sowie auch die Berechnung des Mittels aus den letzteren für eine längere Zeitperiode sehr leicht durchgeführt und auch controlirt werden kann.

Bei diesem Sachverhalte werden die Herren Hydrotechniker jetzt wohl anerkennen, dass das von Grebenau durch seine vielfältig durchgeführten Consumtions-Messungen und Berechnungen festgestellte Erfahrungs-Ergebniss, dass der aus den Pegelstands-Tabellen für eine längere Zeitperiode berechnete arithmetische mittlere Wasserstand, sehr nahe übereinstimmt mit jenem Wasserstande im Strombette, welcher aus der durch Consumtions-Messungen berechneten mittleren Durchflussmenge für diese Zeitperiode abgeleitet wird, äusserst wichtig ist, und es daher weit leichter, ja selbst verlässlicher ist, die in einem Flusse oder Strome während einer längeren Zeitperiode durchgeflossene mittlere Wassermenge nach der für diese Zeit entfallenden mittleren Pegelstandshöhe zu berechnen.

Nun will ich noch eine einfache Methode angeben, nach welcher auch ohne den sehr schwierigen und zeitraubenden Wassercumsumtions-Messungen selbst von Nichttechnikern die Quantitäten berechnet werden können, um wie viel die in einem Strome abgeflossenen Gewässer während einer bestimmten Zeitperiode abgenommen haben. Zunächst muss bemerkt werden, dass nur für solche Stromstrecken und Pegelstationen, an welchen während der ganzen Beobachtungs-Periode der Stromlauf, das Quer- oder Durchflussprofil und das Gefälle des Wasserspiegels ganz unverändert geblieben sind, verlässliche Berechnungen der factisch abgenommenen Wasserquantitäten vorgenommen werden können, daher ich diese Berechnungen, um meine Methode an Beispielen ersichtlich zu machen, bei den hiefür vollkommen geeigneten Pegelstationen am Rhein bei Basel, dann an der Donau bei Alt-Orsova hier durchführen werde.

*) „Zeitschrift für Bauwesen von G. Erbkam“ in Berlin, vom Jahre 1874.

Laut der Zusammenstellung der Pegel-Beobachtungen in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 1 hat der mittlere Jahres-Wasserstand im Rhein bei Basel in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1809 bis 1868 (also von 1839 bis 1868) im Durchschnitt um 0.29^m per Jahr abgenommen, das heisst, es ist alle Jahre eine obere Wasserschichte von 0.29^m Höhe weniger abgeflossen. Die mittlere Jahres-Wasserstandshöhe von 1839 bis 1868 wurde zwar von Herrn Grebenau nicht angegeben, dieselbe wird jedoch der sub Post Nr. 2 für die Zeit von 1840 bis 1872 berechneten Höhe per 1.783^m ober Null jedenfalls sehr nahe gleich sein. Wenn man nun bei diesem Wasserstande von $+1.783^m$ die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel erhebt, welche durch mehrere in der ganzen Strombreite in gleichen Abständen eingeworfene schwimmende Körper sehr leicht ermittelt werden kann, so erhält man mittelst einer einfachen Multiplication der Strombreite mit der mittleren Geschwindigkeit am Wasserspiegel und mit der constatirten Wasserspiegelsenkung von 0.29^m , die Wassermenge per Secunde, um welche das im Rhein bei Basel durchströmende Wasserquantum abgenommen hat. Für den vorliegenden Fall kann man alle zu der obigen Berechnung erforderlichen Daten aus der internationalen Rheinstrom-Messung bei Basel im November 1867*) entnehmen und findet in diesem wissenschaftlich und gründlich bearbeiteten Elaborate, dass bei dem Wasserstande von $1.783^m = 5.943'$ ober Null am Baseler Pegel die Wasserspiegelbreite $= 202^m$, ferner die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel $= 2.26^m$ ist, sonach die Wasserverminderung mit

$$202^m \times 2.26^m \times 0.0029^m = 1.3253^{kbm}$$

per Secunde gefunden wird, welche nun für ein Jahr nach der weiteren Multiplication $41,794.661^{kbm}$ beträgt.

Da das ganze obere Strom- und Niederschlagsgebiet des Rheins bis Basel in der schweizerischen hydrographischen Karte mit

$$35.906.9^{qkm} = 35.906,900.000^{qkm}$$

ausgewiesen ist, so würde die vorberechnete Wasserabnahme im Rheinstrome auf eine Verminderung der atmosphärischen Niederschlagshöhe um

$$41,794.661^{kbm} : 35.906,900.000^{qkm} = 0.00116^m = 1.16^{mm}$$

per Jahr schliessen lassen.

Wenn man dagegen die in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 2 in der 16jährigen Periode von 1857 bis 1872 nachgewiesene Senkung der mittleren Jahres-Wasserstände mit 1.97^m zur Basis der Berechnung nimmt und für den in dieser Periode stattgehabten Jahres-Wasserstand von 1.626^m ober Null aus dem früher citirten Werke die Wasserspiegelbreite mit 201^m und die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel mit 2.0^m erhebt, so findet man die Wasserverminderung in den Jahren 1857 bis 1872 per Secunde mit

$$201 \times 2.0 \times 0.0197^m = 7.9194^{kbm},$$

also per Jahr mit $249,746.198^{kbm}$, woraus man also auf eine Verminderung der atmosphärischen Niederschlagshöhe um $249,746.198^{kbm} : 35.906,900.000^{qkm} = 0.00695^m = 6.95^{mm}$ per Jahr schliessen könnte.

*) Diese Rheinstrom-Messung wurde von Grebenau beschrieben und veröffentlicht. München 1873. Lindauer'sche Buchhandlung.

Inwieweit die obigen Berechnungs-Resultate mit den meteorologischen Beobachtungen übereinstimmen, wird noch später gezeigt werden.

An der Donau bei Alt-Orsova war laut den Nachweisungen in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 34 während der zweiten Hälfte der 36jährigen Beobachtungs-Periode, und zwar von 1858 bis 1875, der mittlere Jahres-Wasserstand 2.503^m ober Null und die durchschnittliche Abnahme des letzteren 2.28^m per Jahr.

Nach dem vom Herrn Oberbaurath Ritter von Wawra im Jahre 1873 aufgenommenen und auf Tafel 26 verzeichneten Querprofile der Donau bei Alt-Orsova ist bei dem obigen Wasserstande die Breite des Stromes 460^m und die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel, welche jedoch nur bei einem Wasserstande von 1^m ober Null erhoben wurde, gleich 0.819^m .

Da nun allgemein bekannt ist, dass bei höheren Wasserständen auch die Geschwindigkeiten grösser werden, so habe ich zunächst aus den in der Donau zwischen Ofen und Pest in einem ganz ähnlichen Querprofile am Blocksberge bei verschiedenen Wasserständen gemessenen Geschwindigkeiten ermittelt, dass, wenn der Wasserstand daselbst um 1.5^m wächst, die mittlere Geschwindigkeit um circa 0.35^m zunimmt, daher für die Donau bei Alt-Orsova approximativ angenommen werden kann, dass bei dem mittleren Jahreswasserstande von 2.503^m ober Null, die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel $0.819 + 0.35 = 1.169^m$ betragen dürfte. Das bei der Wasserspiegelsenkung von 2.28^m per Jahr weniger abfliessende Wasserquantum beträgt sonach:

$$460 \times 1.169 \times 0.0228^m = 12.24^{kbm}$$

per Secunde, also per Jahr $386,000.640^{kbm}$.

Das ganze Strom- und Niederschlagsgebiet der Donau beträgt 14.420 geographische Quadrat-Meilen, jedoch von Orsova bis zum Meere 4100 Quadrat-Meilen, daher oberhalb Orsova 10.320 Quadrat-Meilen $= 5661.552$ Myr. $= 566.155,200.000^{qkm}$.

Die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge wird daher gefunden:

$$386,000.640^{kbm} : 566.155,200.000^{qkm} = 0.000682^m = 0.682^{mm}$$

per Jahr, also während der halben 18jährigen Beobachtungs-Periode 12.276^{mm} . Es ist wohl selbstverständlich, dass diese Verminderung der Niederschläge in den Gebirgsgegenden bedeutend grösser, dagegen in den Tiefebene kleiner war.

ad F) Zur Behebung der Zweifel und Einwendungen gegen die Richtigkeit der von mir aufgestellten Behauptung, dass in Folge der grossen Verwüstungen und Ausrodungen ausgedehnter Waldflächen die atmosphärischen Niederschläge vermindert worden sind, glaube ich zunächst auf die von mir im I. Abschnitte angeführten ausführlichen Gutachten und Abhandlungen ausgezeichneter Fachmänner und Naturforscher hinweisen, dann auch noch die nachstehenden Aufklärungen und Beobachtungs-Resultate mittheilen zu sollen.

Dass nach den meteorologischen Beobachtungen in England, Schottland, in Paris, in Petersburg und in Kopenhagen seit circa 100 bis 190 Jahren sich eine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen nicht gezeigt hat, ist sehr natürlich, weil diese Länder und Städte in der Nähe des Meeres liegen, daher dieselben die Regenwolken sozusagen aus erster Hand erhalten.

Wenn selbst aus den meteorologischen Beobachtungen in den Hauptstädten des Continents sich herausstellen sollte, dass auch an diesen Orten eine Verminderung der atmosphärischen Niederschläge nicht bemerkbar sei, so wäre dies gleichfalls erklärlich, weil in den Umgebungen der grossen Städte in Europa, in den letzten Decennien keine so ausgedehnten Waldausrodungen vorgenommen wurden, welche eine Verminderung der Niederschlagsmengen veranlasst hätten. Dass jedoch in jenen Gegenden, wo ausgedehnte Waldcomplexe ausgerodet wurden, dann insbesondere im Gebirge, wo die Wälder abgestockt worden sind, die atmosphärischen Niederschläge sich thatsächlich vermindert haben, kann ich, da in früheren Zeiten in Wald- und Gebirgsgegenden leider keine meteorologischen Beobachtungs-Stationen errichtet waren, nur zwei Beispiele anführen. Der Oberforstmeister Herr Adam Seidel zu Bodenbach am Erzgebirge in Böhmen, hat seit 1828 bis Ende 1873 ununterbrochen genaue meteorologische Beobachtungen gemacht, deren Resultate von der k. k. Centralanstalt für Meteorologie in Wien revidirt und durch den Druck veröffentlicht worden sind. Wenn man aus den diesbezüglichen veröffentlichten Tabellen die unvollständig beobachteten Jahre 1828 und 1850 ausscheidet, dann die übrige Beobachtungszeit in zwei gleich lange Perioden von 22 Jahren eintheilt und für dieselben die arithmetischen Mittel berechnet, so erhält man die nachstehenden Resultate:

Meteorologische Beobachtungen durch Oberforstmeister Adam Seidel zu Boden- bach. Zusammengestellt von Stanislaus Kostliwy	Jahres-Mittel von		Differenz, also von 1852 bis 1873 vermindert um
	1829 bis 1851	1852 bis 1873	
Mittlere Lufttemperatur in Cels. Graden	8.70	8.46	— 0.24
Dunstdruck in Millimetern.....	7.6	7.3	— 0.3
Relative Feuchtigkeit in Percent der mit Wasserdampf gesättigten Luft..	84.6	82.1	— 2.5
Zahl der Tage mit Niederschlägen....	158	145.8	— 12.2
Niederschlagsmengen in Millimetern....	641	609	— 32

Durch die obigen Ergebnisse dieser 44jährigen Beobachtungen wurde sonach constatirt, dass in der Gebirgsgegend bei Bodenbach in den letzten 22 Jahren eine Abnahme des Dunstdruckes, der relativen Feuchtigkeit der Luft, der Anzahl Tage mit Niederschlägen, und der Höhe der atmosphärischen Niederschläge factisch eingetreten ist.

Die letztere Verminderung beträgt sonach im Durchschnitte per Jahr $\frac{32}{22} = 1.45^{\text{mm}}$.

Auch der Director des meteorologischen Observatoriums in Genf, Herr Plantamour, hat eine Abnahme der atmosphärischen Niederschläge in den Alpen nachgewiesen. Er fand nämlich, dass in den letzten 14 Jahren (1861—1874) im Vergleiche zur vorhergehenden 20jährigen Periode, auf dem grossen St. Bernhard in einer Höhe von 2474^m eine Temperatur-Zunahme um 0.40°, eine Abnahme des Niederschlages um 0.204^{mm} und eine Verminderung der Schneefälle um die Hälfte (4.85^m statt 10^m) eingetreten ist. Für Genf geben die letzten 11 Jahre im Vergleiche zur früheren Periode von 35 Jahren, eine Temperatur-Zunahme

von 0.63° und eine Abnahme der Niederschläge um 0.084^{mm}, also im Durchschnitte per Jahr

$$\frac{0.084}{11} = 0.00763^{\text{mm}} = 7.63^{\text{mm}}.$$

Diese Veränderungen sind nach der Ansicht Plantamour's auch die Ursachen des Zurückweichens oder Kleinerwerdens der Gletscher, die seit 12 Jahren beobachtet wurde.

Da wir im vorhergehenden Absatze ad *E* aus den Wasserstands-Abnahmen eine Verminderung der Niederschlagshöhe im Stromgebiete des Rheines bei Basel, und zwar in der 30jährigen Periode von 1839 bis 1868, im Durchschnitte per Jahr mit 1.16^{mm} und in der letzten 16jährigen Periode von 1857 bis 1872 mit 6.95^{mm} per Jahr gefunden haben, so zeigen diese aus ganz verschiedenen Beobachtungen berechneten Resultate eine auffallende Uebereinstimmung mit den nachgewiesenen Niederschlags-Abnahmen in den Gebirgsgegenden bei Bodenbach und bei Genf.

Bei den, leider erst in den letzteren Jahren, in mehreren Ländern Europa's nun auch in den Wald- und in den Gebirgsgegenden aufgestellten meteorologischen Beobachtungs-Stationen, wird man nach einigen Decennien höchst wahrscheinlich auch ähnliche Resultate über die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge constatiren, wie bei Bodenbach und bei Genf.

Schlusswort.

Da ich nun glaube annehmen zu können, dass durch die von mir gegebenen Aufklärungen, dann durch die zusammengestellten weiteren Beobachtungs-Resultate an 13 Strömen und 56 Pegelstationen, endlich durch die aufgezählten vielfältigen Gutachten und gründlichen Abhandlungen ausgezeichneten Naturforscher und Fachmänner, meine im Jahre 1873 aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, schon als eine erwiesene Thatsache constatirt worden ist, erlaube ich mir nun, an die geehrten Leser und Fachgenossen die inständige Bitte zu richten, jeder Einzelne wolle in seiner Sphäre dahin wirken, dass die hohen Regierungen, Behörden, Corporationen, Grossgrundbesitzer und Gemeinden, endlich die Ueberzeugung gewinnen, welchen unberechenbaren Nachtheilen und Gefahren auch unsere dermaligen Culturländer entgegen gehen, wenn den ferneren Waldausrodungen und Waldverwüstungen keine Schranken gesetzt werden, dann, dass es unbedingt nothwendig sei, die von mir schon in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 beantragten, sodann aber auch von anderen Autoritäten wärmstens empfohlenen Vorkehrungen und Massnahmen schleunigst durchzuführen, um den, den nächsten Generationen drohenden Calamitäten einer weiteren Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, insoweit dies jetzt noch im Wirkungskreise der Menschen liegt, vorzubeugen.

Schliesslich erlaube ich mir den geehrten Lesern noch mitzutheilen, dass ich gerne bereit bin, allen jenen Herren, welche die Absicht haben, die vorliegende Wasserfrage noch eindringlicher zu studiren, alle von mir gesammelten diesbezüglichen Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate, ferner auch alle hierüber erschienenen Werke und Brochuren zur Einsichtnahme und zur Benützung mitzutheilen.

[illegible]

[illegible]

Post Nr.	Namen der Ströme und der Beobachtungs-Orte oder Pegelstationen	Ganze Beobachtungs-Perioden	Dauer der einzelnen Perioden in Jahren	Berechnete mittlere Höhe in den einzelnen Beobachtungs-Perioden												Mithin eine Senkung (—) oder Hebung (+) des Wasserspiegels im Durchschnitt per Jahr bei den			Namen der Behörden oder Autoren, welche die Pegelbeobachtungen veröffentlicht oder mitgeteilt haben		
				der Monats-Wasserstände im Monate												Jahres-Wasserstände	der Hochwasserstände	der niedrigsten Wasserstände			
				Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December						
				in Metern																in Centimetern	
V. Oder.																				Aus Dr. H. Berghaus' Hydrographie.	
44	Bei Küstrin.....	1778—1806	29	1'600	1'842	2'148	2'080	1'637	1'272	1'202	1'097	1'024	1'084	1'147	1'382	1'455	2'884	0'697	—		
	"	1807—1835	29	1'352	1'588	1'769	1'702	1'304	0'983	0'968	0'850	0'880	0'802	0'916	1'097	1'187	2'647	0'449	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'248	0'254	0'379	0'378	0'333	0'289	0'234	0'247	0'144	0'232	0'231	0'285	0'268	0'237	0'248	—0'92	—0'81	—0'85
VI. Mosel.																				Herr Grebenau, kaiserlicher Wasserbau-Director in Strassburg.	
45	Bei La Lobe	1839—1852	14	1'61	1'59	1'36	1'38	0'99	0'83	0'77	0'90	0'82	1'13	1'30	1'40	1'18	—	—	—		
	"	1853—1866	14	1'34	1'20	1'10	1'09	0'91	0'76	0'55	0'49	0'60	0'61	0'86	1'13	0'89	—	—	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'27	0'39	0'26	0'29	0'08	0'07	0'22	0'41	0'22	0'52	0'44	0'27	0'29	—	—	—2'07	—2'35	—2'04
46	Bei Sierk.....	1839—1852	14	1'37	1'59	1'27	1'27	0'81	0'52	0'46	0'65	0'52	0'88	1'14	1'28	0'98	—	—	—	Herr Professor Alessandro Betocchi in Rom.	
	"	1853—1866	14	1'32	1'20	1'10	0'98	0'81	0'66	0'47	0'37	0'47	0'52	0'75	1'05	0'81	—	—	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'05	0'39	0'17	0'29	0'00	+0'14	+0'01	0'28	0'05	0'36	0'39	0'23	0'17	—	—	—1'21		—1'58
VII. Main.																				Grossherz. hess. Oberbau-Direction. Herr Spatz, k. bayer. Baurath.	
47	Bei Rüsselheim .	1851—1874	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0'21		
48	" Würzburg...	1845—1871	13½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0'52		
VIII. Theiss.																				Herr Professor Alessandro Betocchi in Rom.	
49	Bei Szegedin....	1851—1861	11	4'276	4'539	5'111	6'439	6'783	6'436	5'575	4'482	3'369	2'990	3'272	3'951	4'768	7'337	1'667	—		
	"	1862—1872	11	3'806	4'542	5'676	6'533	6'284	4'943	4'204	3'246	2'712	2'190	3'126	3'622	4'240	7'600	1'272	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'470	+0'003	+0'565	+0'094	0'499	1'493	1'371	1'236	0'657	0'800	0'146	0'329	0'528	+0'263	0'395	—4'8	+2'4	—3'6
IX. Po.																				Herr Ingenieur Galizia. Herr Wasserbau-Director Baccarini.	
50	Bei Piacenza (Carossa)	1837—1872	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0'44		
51	" Cremona	1851—1874	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—3'41		
X. Tiber.																				Die Regierung des Königreiches Italien.	
52	Bei Rom	1822—1846	25	6'96	7'20	7'00	6'90	6'65	6'29	5'66	5'33	6'06	6'26	6'85	6'89	6'51	17'84	5'34	—		
	"	1847—1871	25	7'35	7'22	7'37	7'16	6'91	6'49	6'07	5'96	6'06	6'57	7'19	7'23	6'80	17'01	5'00	—		
	Differenz obiger Wasserstände			+0'39	+0'02	+0'37	+0'26	+0'26	+0'20	+0'41	+0'63	0'00	+0'31	+0'34	+0'34	+0'29	—0'83	—0'34	+1'16	—3'32	—1'36
XI. Seine.																				Herr Belgrand, Inspecteur général. Annales des ponts et chaussées 1865—1868.	
53	Bei Paris.....	1800—1865	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0'84		
	"	1735—1866	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0'18		
XII. Glommen in Norwegen.																				Herr Hans Nysom, königl. Lieutenant der Canal-Direction in Norwegen.	
54	Bei Nastangen ..	1847—1861	15	0'199	—0'095	—0'122	0'166	1'707	2'467	1'945	1'669	1'330	1'161	0'579	0'267	0'938	3'385	—0'505	—		
	"	1862—1876	15	—0'009	—0'145	—0'232	0'217	1'781	3'265	2'188	1'541	1'428	1'125	0'353	0'065	0'894	3'530	—0'416	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'208	0'050	0'110	+0'051	+0'074	0'202	+0'243	0'128	+0'098	0'036	0'226	0'202	0'044	+0'145	+0'089	—0'28	+0'97	+0'59
55	Bei Sarpfös	1847—1861	15	—1'030	—1'505	—1'540	—0'546	1'752	3'592	2'880	2'256	1'574	1'217	0'267	—0'623	0'713	4'949	—2'078	—	Herr Hans Nysom, königl. Lieutenant der Canal-Direction in Norwegen.	
	"	1862—1876	15	—1'366	—1'841	—2'019	—0'564	2'256	3'800	3'028	2'019	1'960	1'217	0'033	—0'959	0'621	5'228	—2'387	—		
	Differenz obiger Wasserstände			0'336	0'336	0'479	0'018	+0'504	+0'208	+0'148	0'237	+0'386	0'00	0'234	0'336	0'092	+0'279	0'309	—0'61		+1'86
XIII. Mississippi.																				Humphrey Abbott's Theorie der Bewegung des Wassers.	
56	Bei Natchez	1819—1858	11½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—1'77		
	(fehlen 17 Jahre)			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+0'23		—1'00

Anmerkung. Die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände für die Pegelstationen Post Nr. 2, 7, 8, 18, 21, 23, 25, 26, 29 bis 38, 40 bis 46, 49, 52, 54 und 56 wurden vom Ministerialrath Wex, dagegen die mittleren Senkungen und Hebungen der Stromwasserspiegel für die 20 anderen Pegelstationen vom Herrn Grebenau zusammengestellt und berechnet.

Eiserner Oberbau. Querschwellen aus Altschienen.

Von
Carl Friedrich Wagner.
(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 27.)

Die Verwendung von Altschienen zur Herstellung eines eisernen Oberbaues ist schon seit längerer Zeit mit verschiedenen Constructionen in Aussicht genommen worden.

In dem Folgenden wird nun eine von dem Verfasser construirte Anordnung eines eisernen Oberbaues aus Altschienen beschrieben deren Vorzüge in einer sehr leichten Anarbeitung der zu verwendeten Schienen und dem entsprechend auch in einer grösseren, die Solidität keineswegs beeinträchtigenden Einfachheit bestehen dürften.

Die Querschwellen dieses Oberbau-Systemes werden aus zwei an den Enden durch Winkleisen miteinander verbundene Altschienenstücke gebildet, von welchen die Köpfe abgeschnitten sind.

Auf diese Schwellen, deren Enden mit einer Steigung von 1:16 aufgebogen sind, werden die Fahrschienen mit Schienenhaltern befestigt, für deren Niete und Schrauben die Schwellen nur nach einer Chablone zu bohren sind.

Das Loswerden der Schraubenmutter wird durch Blechplättchen verhindert, welche mit einem Ende bei der Mutter, mit dem andern aber beim Schienenhalter abgebogen werden.

Für die Gerade können die inneren Schienenhalter schon in der Werkstätte angenietet werden, während in der Curve zur Erzielung der nothwendigen Spurweite, beide Schienenhalter jedes Schienenstranges mit Schrauben befestigt werden müssen; diejenigen der inneren Schienenhalter können jedoch alsdann nach vollständiger Herstellung des Geleises, nachträglich durch Niete ersetzt werden.

Die Spurerweiterung in den Curven wird dadurch erreicht, dass die in der Zeichnung mit *a* und *b* bezeichneten excentrisch gebohrten Schienenhalter gegenseitig umgesetzt werden, wodurch mit der Partial-Differenz von 3^{mm} eine totale Spurerweiterung von 18^{mm} erreicht wird. Durch den aus praktischen Rücksichten gegebenen Spielraum von 2^{mm} zwischen Schienenfuss und Schienenhalter ist man im Stande, die Spurerweiterung in Wirklichkeit von Schwelle zu Schwelle um nur 1^{mm} zu vergrössern.

Der Abstand zwischen zwei, eine Querschwelle bildenden Altschienen, in der Zeichnung mit 30^{mm} angenommen, kann je nach Beschaffenheit des zur Verfügung stehenden Schottermaterials grösser oder kleiner angenommen werden, ist aber jedenfalls deshalb angezeigt, weil dadurch die Basis der Schwellen vergrössert und die Controle hinsichtlich der guten Unterkrüpfung ermöglicht wird.

Durch den Abschluss der Schwellen an den Enden mittelst Winkleisen erhalten diese eine nach Unten offene Kastenform, welche ganz besonders dazu geeignet ist, eine Verschiebung nach welcher Richtung immer vollkommen zu verhindern.

Ohne die Fahrschiene einzuklinken, können diese Schwellen bei Anwendung von Winkellaschen, sowohl für festen, als auch für schwebenden Stoss verwendet werden.

Werden die Köpfe der Schienen für die Querschwellen auf warmem Wege abgeschnitten, so kann der Schienensteg während des Durchganges durch die Walzen aufgebogen werden und erhält man dann für die Schwellen eine um so grössere Basis, wie aus

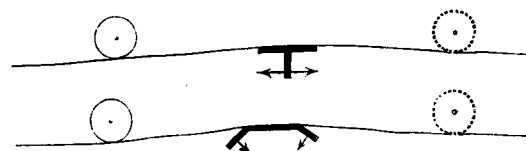
der punctirten Stellung der Stege in der Zeichnung aus dem Längenschnitt in der Bahnachse, der die Schwelle im Querschnitt zeigt, ersichtlich ist.

Hinsichtlich der Transportfähigkeit dieser Schwellen, sei schliesslich noch erwähnt, dass deren Gewicht sehr nahe gleichkommt dem einer Eichenquerschwelle.

Im Allgemeinen variirt dieses Gewicht zwischen 60 und 90^{kg}, je nach Anwendung des Systems und der hiezu in Verwendung genommenen Altschienen.

Eine Auswechslung der abgenützten Fahrschienen kann bei dieser Befestigungsart um so leichter und schneller bewerkstelligt werden, als man hier nur die äusseren Schienenhalter abzunehmen hat und somit die verbleibenden inneren Schienenhalter die Spurweite für die neuen Schienen von selbst wiedergeben, und selbst das Auswechseln der Schienenhalterschrauben, die Querschwellen in ihrer schon consolidirten Lage nicht im mindesten alteriren würde, Dank ihrer günstigen äusserlichen Lage an den Schwellen, was überhaupt nur mit dieser Querschnittform der Schwellen erreicht werden kann, welche Form zugleich auch noch den weiteren Vortheil bietet, dass man gegen Drehung des Schraubenkopfes gar keine weiteren Vorkehrungen zu treffen hat, indem dieser schon vermöge seiner Neigung — entsprechend der schiefen Ebene des Schienenfusses, auf welchem er aufsitzt — genügend fixirt ist.

Was ausserdem aber noch den praktischen Werth der Querschnittsform der Schwellen anbelangt, so erlaube ich mir, hier einen Vergleich zwischen den beiden bis heute am meisten in Vorschlag gebrachten Grundformen anzustellen, d. h. zwischen der T-Form und der nach abwärts gekehrten offenen U-Form:



Aus obiger Skizze ist ersichtlich, dass der verticale Schenkel der T förmigen Querschwelle beim Befahren — da die Schiene sich immerhin mehr oder weniger einbiegen wird — eine gewisse pendelartige Bewegung im Sinne der Pfeilrichtungen annehmen muss, folglich das Schotterbett auflockert und die Räder beim Passiren über die Schwelle selbst, diese dann nur um so leichter in das so gelockerte Schotterbett eindrücken werden, als dieser Zustand ein permanenter genannt werden muss, daher eine Consolidirung der Bahn mit solchen Schwellen niemals zu erwarten ist, folglich auch die Bahnerhaltungskosten für fortwährende Hebung des Oberbaues ausserordentliche sein müssen, selbst im Vergleiche zum Oberbaue mit Holzquerschwellen. Dem gegenüber aber müssen diese Bahnerhaltungskosten für Schwellen dieser Form nach kurzer Zeit progressive abnehmen, indem beim Befahren der Bahn die Seitenschenkel der Schwellen das im Innern befindliche Materiale hier im Gegentheile comprimiren, daher eine Bahn mit solchen Schwellen sich mit der Zeit immer mehr und mehr consolidiren wird.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vortheil dieses Systemes ist noch der, dass zur Construction dieser Schwellen nicht nur Altschienen aus Eisen, sondern auch solche aus Bessemerstahl verwendet werden können, ohne dass dadurch Mehrkosten wegen deren Anarbeitung entstehen würden.

Was aber den Materialwerth der alten Bessemerstschienen — wenn diese einmal in grossen Quantitäten aus der Bahn zurück-

kommen werden — anbelangt, so dürfte derselbe dann den des Roheisens nicht übersteigen; wegen der grossen Umarbeitungskosten diese Schwellen daher nur noch billiger werden.

Ein allgemeiner Vorthail des Querschwellen-Systems gegenüber dem Langschwellen-System ist aber hauptsächlich die leichte Einführbarkeit, indem die eisernen Querschwellen an Stelle der Holzquerschwellen jederzeit an beliebigem Ort und in beliebiger Zahl ohne störende Unterbrechung des Betriebes eingelegt werden können, ohne dadurch das alte Oberbau-System irgendwie zu alteriren.

Mittelst Combination der verschiedenen aus den Zeichnungen ersichtlichen eisernen Querschwellen-Systeme I, II und III lässt sich leicht ein den Anforderungen einer beliebigen Bahn entsprechender Oberbau zusammenstellen, wie er auch jeweils besser in finanzieller Hinsicht entsprechen dürfte.

So dürfte es z. B. auf den Linien der Kaschau-Oderberger Bahn für die Linie Ruttek-Oderberg angemessen sein, in den Geraden, für die den Stössen zunächst liegenden Schwellen, System I, für die schärferen Curven aber ausserdem noch die Mittelschwellen nach System I, die Uebrigen aber alle nach System II zu construiren, für die Linie Kaschau-Ruttek hingegen dürfte System II für sämtliche Schwellen genügen.

Vergleichende Kostenberechnung über

Eisenbahn-Oberbau mit Querschwellen aus Altschienen und nicht imprägnirten Eichenschwellen auf der Kaschau-Oderberger Eisenbahn.

In der Berechnung sind die Fahrschienen sammt deren Kupplungs-Kleinmaterial, da dieselben für beide Systeme gleich angenommen werden, nicht berücksichtigt. Die Fahrschienen haben eine Länge von 7^m, daher kommen auf 1000^m Länge 143 Schienenlängen. Auf eine Schienenlänge kommen 9 Schwellen bei schwebendem Stoss, also per Kilometer rund $9 \times 143 = 1287$ Schwellen.

Kosten einer Schwelle nach System I aus Stahlschienen der Kaschau-Oderberger Eisenbahn:

Altschienen-Material 81·2^{kg} . . . à fl. 3.— per 100^{kg} fl. 2.43

Neues Material:

Winkel und Nieten 6·78^{kg} . . . „ „ 10.— „ „ 0.67

Ausarbeitung im warmen Zustand 81·2^{kg} à fl. 0.25 „ „ 0.20

Nachnieten, Bohren, Nietenschlagen per Schwelle . . . „ 0.50

Totalkosten einer Schwelle System I fl. 3.80

Kosten einer Schwelle nach System II:

Altschienen-Material 58·92^{kg} . . . à fl. 3.— per 100^{kg} fl. 1.76

Winkel und Nieten 7·2^{kg} . . . „ „ 10.— „ „ 0.72

Warme Ausarbeitung 58·92^{kg} . . . „ „ 0.25 „ „ 0.14

Nachrichten etc. „ 0.50

Totalkosten einer Schwelle System II fl. 3.12

Kosten des Befestigungs-Kleinmaterials per Schwelle:

4 Schienenhalter 1·218^{kg} . . . à fl. 15.— per 100^{kg} fl. 0.18

2 Schrauben 0·404^{kg} . . . „ „ 20.— „ „ 0.08

Befestigungs-Kleinmaterial per Schwelle fl. 0.26

Totalkosten einer eisernen Schwelle sammt Schienenbefestigungs-Kleinmaterial:

Für Schwellen nach System I fl. 4.06

„ Schwellen nach System II „ 3.38

Für die Linie Ruttek-Oderberg dürfte es angemessen sein, für die zwei dem Stoss zunächst liegenden Schwellen, in den

schärferen Curven aber ausserdem noch die mittlere Schwelle nach System I, die übrigen Schwellen aber alle nach System II zu verwenden. Unter dieser Voraussetzung würde man per Schienenlänge benöthigen: 2·3 Schwellen nach System I und 6·7 Schwellen nach System II.

Kosten per Kilometer Geleise für Schwellen aus Altschienen sammt Schienenbefestigungs-Kleinmaterial:

143 × 2·3 Schwellen System I à fl. 4.06 = fl. 1335.33

143 × 6·7 Schwellen System II à „ 3.38 = „ 3238.37

In Summa für Eisenschwellen fl. 4573.70

Kosten per Kilometer Geleise für Eichenschwellen sammt Schienenbefestigungs-Kleinmaterial. Auf die ganze Strecke kommen im Mittel per Kilometer 895·7 Platten und 6038·7 Nägel.

1287 Eichenschwellen à fl. 1.40 . . . fl. 1801.80

Dexeln und Vorbohren der Schwellen

à fl. 0.06 „ 77.22 fl. 1879.02

895·7 Platten à 1·95^{kg} = 1746·6^{kg}

à fl. 12.— per 100^{kg} fl. 209.59

6038·7 Nägel à 0·35^{kg} = 2113·5^{kg}

à fl. 17.— per 100^{kg} „ 359.29 „ 568.88

In Summa für Holzschwellen: fl. 2447.90

Folglich hat man bei der ersten Anlage für Querschwellen aus Altschienen, gegenüber der Anlage mit Holzquerschwellen eine Mehrauslage von fl. 4573.70 — fl. 2447.90 = fl. 2125.80.

Da nun diese nicht imprägnirten Holzquerschwellen nur eine mittlere Dauer von 8 Jahren haben, so hat man nach Verlauf dieser Zeit, gelegentlich der Auswechslung der Holzschwellen, neuerdings die folgenden Auslagen, vorausgesetzt, dass die Holzschwellen noch zu demselben Preise erhältlich sind:

Für Neuanschaffung der Schwellen sammt Dexeln

und Vorbohren fl. 1879.02

Auswechslung derselben à fl. 0.30 per Stück . . . 386.10

Erneuerung von Kleinmaterial 20% Verlust von

fl. 568.88 „ 113.77

Für Bahnerhaltung während der ersten 8 Jahre per

Jahr und Kilometer fl. 200.— also $200 \times 8 =$ „ 1600.—

Total . . . fl. 3978.89

Die obigen Mehrkosten von fl. 2125.80 für Schwellen aus Altschienen sind aber während dieser 8 Jahre zu verzinsen und erhält man hiefür mit 6% auf Zinseszinsen nach Ablauf dieser 8 Jahre einen Werth von

$$w = 2125.80 \times 1.06^8 = \text{fl. } 3388.20.$$

Rechnet man hiezu noch die Bahnerhaltungskosten während dieser Zeit, aber mit Rücksicht auf die Selbstconsolidirung der eisernen Schwellen nur zu ein Drittel der Vorigen und mit Rücksicht auf die von Hilf gegebenen Erfahrungsdaten für eisernen Oberbau, also per Jahr und Kilometer rund fl. 70, so hat man zu dem obigen Werth von fl. 3388.20 noch hinzuzurechnen für Bahnerhaltung fl. 8.70 „ 560.—

Total . . . fl. 3948.20

somit nach 8 Jahren schon einen Vorthail von rund fl. 30 zu Gunsten des eisernen Oberbaues mit Querschwellen aus Altschienen.

Nimmt man dagegen den Preis von fl. 2.85 für Eichenschwellen, wie ihn die Kaiser Ferdinands-Nordbahn für mit Creosot imprägnirte Schwellen verrechnet, so stellt sich die Rechnung für Querschwellen aus Altschienen noch günstiger, indem dann die ersten Anschaffungskosten für die letzteren nur mehr um circa fl. 260 höher kommen, als für Holzquerschwellen-

Oberbau, eine Differenz, welche aber schon nach 2 Jahren bei den Bahnerhaltungskosten mit eisernen Querschwellen hereingebracht werden dürfte.

Für in Berlin einmündende Bahnen stellt sich nach den dortigen heutigen Preisen eine Querschwelle aus Altschienen, sammt dem dazu gehörigen Befestigungs-Kleinmaterialie:

Für System I auf Mark 6.82
 „ System II auf „ 5.43
 somit unter den früheren Voraussetzungen die Totalkosten per Geleis-Kilometer für Schwellen aus Altschienen nach
 System I und II combinirt auf Mark 7445.57
 System I allein auf „ 8777.34
 für imprägnirte Eichenschwellen à M. 6.05 auf „ 8561.13

Es stellen sich daher die ersten Anlagekosten für Schwellen aus Altschienen im ersten Falle schon um 1115 Mark billiger, im zweiten Falle dagegen nur um 216 Mark theurer als für imprägnirte Eichenschwellen.

Die bis jetzt in Deutschland und Frankreich am meisten sich bewährten Vautherin-Querschwellen haben ein Gewicht von $54 \cdot 24^{kg}$ sammt dem dazu gehörigen Kleinmaterialie und kosten per Stück Mark 8.03 und per Geleis-Kilometer Mark 10334.61, somit um Mark 1557.— mehr als Schwellen aus Altschienen nach System I und Mark 2889.— mehr als mit System I und II combinirt.

Theorie des Hall'schen Pulsators.

(Pulsometer.)

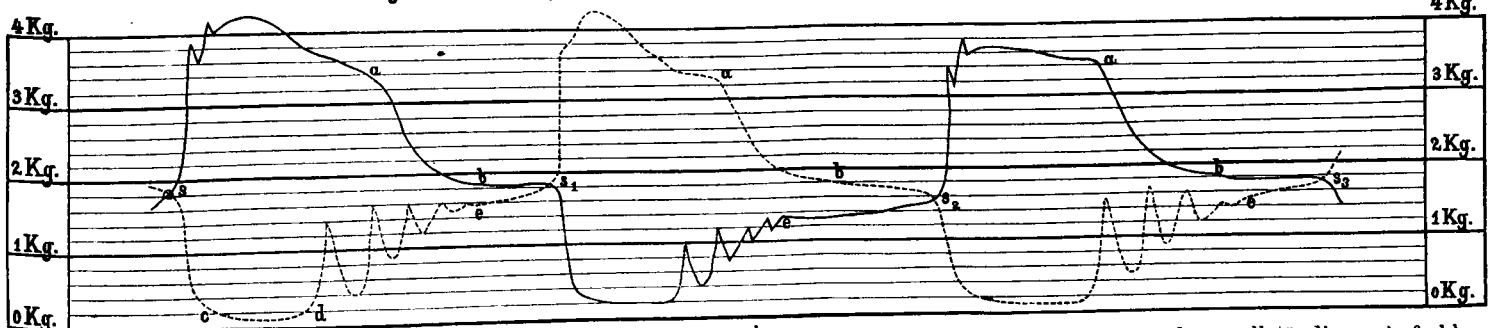
Von **Emil Herrmann**,
 Professor der Mechanik in Schemnitz.

Der Pulsator von Hall findet immer häufigere Anwendung, weshalb eine, wenn auch nur aus dem Groben gearbeitete Theorie nicht unwillkommen sein dürfte.

Bei der Entwicklung der Theorie stütze ich mich auf Versuche, welche der k. ung. Maschinen-Inspector Herr E. Broszmann dem derzeitigen Akademie-Director Bergrath Farbaky und dem Verfasser ermöglichte.

Um die Vorgänge in beiden Kammern gleichzeitig beobachten zu können, brachten wir jede mit je einem Indicator in Verbin-

Diagramm. $h = 4$, $H = 20$, $n = 35$, $p = 5 \cdot 1^{kg}$ per Quadrat-Centimeter.



dung. Dabei liessen wir durch dasselbe Uhrwerk zwei Streifen sogenannten endlosen Papiers ziehen. Der eine Indicator zeichnete die Diagramme auf den einen, der zweite auf den zweiten Streifen. An jedem Indicator war überdies ein fester Stift angebracht, welcher die Atmosphärenlinie zog. Nachdem der Anfang jedes Diagrammes durch eine senkrechte Gerade markirt wurde, konnten die zwei zusammen gehörenden Diagramme auf Strohpapier leicht so copirt werden, wie es ihre relative Lage erforderte.

Der Pulsator wurde aus Gefässen gespeist, welche auf Decimalwaagen standen, so dass das vom Apparate angesaugte

Wasser direct gewogen wurde. Ebenso stand die Speisepumpe — für Handbetrieb — auf einer Waage und war durch ein entsprechend starkes Kautschukrohr mit dem Speisekopfe des Kessels (nach Field) verbunden. Am Schlusse jedes Versuches wurde der Kessel mit möglichster Vorsicht so weit gespeist, dass der Wasserstand demjenigen vor dem Versuche gleich war, weshalb das Gewicht des Speisewassers jenem des verbrauchten Dampfes gleich ist.

Die Anzahl der Pulsationen per Minute wurde nicht continuirlich gezählt, sondern in Pausen von fünf zu fünf Minuten für je zwei Minuten.

Die Versuche konnten, der räumlichen Verhältnisse wegen, nur mit zwei verschiedenen Saughöhen und einer einzigen Druckhöhe durchgeführt werden; dies der Grund, weshalb die Theorie etwas mehr rein theoretische Betrachtungen enthält, als mit Rücksicht auf ihre Sicherheit wünschenswerth erscheint.

Die Resultate der Versuche sind in der nachstehenden Tabelle und dem folgenden Diagramme enthalten.

Druckhöhe $H = 20^m$.

Nr. des Versuches	Saughöhe h	Dauer des Versuches	Absolute Spannung p	Anzahl der Pulsationen n	Ange-saugtes Wasser G	Ver-brauchter Dampf g	Ver-hältniss $\frac{G}{g} = x$	Ver-hältniss $\frac{G}{n} = V$
	Meter	Minuten	Kilgr. pr. \square Cmt.	per Minute	Klgr. pr. Minute			
1	0.15	80	4.63	72	134.5	2.35	60.2	1.87
2	0.15	80	4.87	69	130.1	1.70	76.3	1.89
3	4.00	76	5.12	43.5	66.5	1.98	33.8	1.53
4	4.00	85	5.23	38.6	71.0	1.95	36.3	1.84
5	4.00	60	5.28	54.5	98.8	2.01	49.0	1.81

Man sieht zunächst, dass die Anzahl der minutlichen Pulsationen bei gleicher Druckhöhe von der Saughöhe abhängig ist, und zwar ist dieselbe im Durchschnitte

für $h = 0.15^m$, $n = 70.0$;

„ $h = 4.00^m$, $n = 45.5$.

Der Dampfverbrauch hingegen ist fast nur der Zeit proportional; im Durchschnitte beträgt derselbe $g = 2^{kg}$ per Minute. Die gelieferte Wassermenge hängt selbstverständlich von der Anzahl der minutlichen Pulsationen und von der Grösse des Apparates ab.

Die combinirten Diagramme geben vollständigen Aufschluss über die Wirkungsweise des Apparates. Der Zeitpunkt des Dampfwechsels ist durch den Schnittpunkt s der Spannungs-Curven beider Kammern markirt.

Die Schnittpunkte haben ziemlich gleiche Höhe über der Atmosphärenlinie, es entspricht derselben im Mittel die Spannung von 1.8^{kg} per Quadrat-Centimeter.

Verfolgen wir den Verlauf der Spannungs-Curven beider Kammern. So wie die Kugel wechselt, steigt in der einen Kammer die Spannung fast momentan. Wäre die Kesselspannung nicht

grösser gewesen, als das regelmässige Spiel des Apparates erfordert, so müsste die Dauer des Entleerens der Kammer durch ein gerades, horizontales Stück der Spannungs-Curve angezeigt werden. Da dies nicht der Fall war, bildet dieser Theil der Curve eine unregelmässig gekrümmte Kuppe; trotzdem ist der Punct a , von welchem an die Spannung rasch sinkt, deutlich zu erkennen, er scheint den Zeitpunkt anzugeben, in welchem die Kammer eben gänzlich entleert ist. Das rasche Sinken der Spannung kann offenbar nur daher rühren, dass der untere Spiegel des Wassers im Rohre steigt, oder mit anderen Worten, dass auch das Druckrohr sich entweder gänzlich oder wenigstens theilweise entleert. Vom Puncte b bis s_1 bleibt die Spannung constant.

Diese Erscheinung war im Vorherein zu erwarten, denn es ist bekannt, dass die Spannung des Dampfes in der Ausflussmündung nicht unter ein gewisses Minimum sinken kann *).

In der zweiten (saugenden) Kammer fällt die Spannung nach dem Dampfwechsel sehr rasch bis unter Eine Atmosphäre, um dann einige Zeit (von c bis d) den kleinsten Werth beizubehalten. Sobald die Spannung unter 1^{kg} sinkt, öffnet sich das kleine Luftventil und später auch das Saugventil, wobei der Ueberdruck der Atmosphäre theils Luft, hauptsächlich aber Wasser in die leere Kammer presst. Wenn die Spannung wieder bis auf 1^{kg} gestiegen, schliesst sich das Luftventil, das Saugventil aber bleibt bis zum Dampfwechsel geöffnet, denn das Wasser dringt vermöge der früher erhaltenen lebendigen Kraft auch dann noch in die Kammer ein, wenn die Spannung der eingedrungenen Luft über Eine Atmosphäre gestiegen ist. Die sprungweise Aenderung der Spannung in der sich füllenden Kammer, welcher die Zickzack-Linie zwischen d und s_1 entspricht, lässt sich leicht erklären.

Das aufsteigende Wasser comprimirt das in der Kammer enthaltene Gemische von Luft und Dampf. Letzterer kann aber als solcher nicht bestehen, weil die Temperatur des Raumes geringer ist, als die zur Spannung gehörige Sättigungs-Temperatur, er muss somit condensiren, weshalb eine ebenso rasche Abnahme der Spannung eintritt. Die Schwingungen der Spannung werden jedoch immer kürzer, weil sich die Dampfmenge vermindert und wenn dieselbe ganz verschwindet, steigt die Spannung der übrig bleibenden Luft (von e bis s_1) stetig. Erreicht endlich die Spannung der Luft jenes Maass, welches zur Ueberwindung des Eigengewichtes der Kugel und des auf derselben lastenden Dampfdruckes hinreicht, so wird die Kugel bei Seite geschleudert, wobei der Eintritt des Kesseldampfes in die Kammer erfolgt, während die andere Kammer verschlossen und zum Saugen vorbereitet wird.

Halten wir uns die Erscheinungen der Saugperiode vor Augen, so ist der Gang der mathematischen Behandlung des Spieles von selbst vorgezeichnet.

Es sei p_0 die kleinste Spannung in der Kammer, p_1 die Spannung, bei welcher der Dampfwechsel erfolgt, beide in Kilogramm per Quadrat-Centimeter, h_m die grösste Saughöhe in Metern und V das angesaugte Wasser-Volumen in Litern, dann ist $(1 - 0.1 h_m)$ der Ueberdruck der Atmosphäre und $V(1 - 0.1 h_m)$ die Arbeit, welche derselbe durch das Füllen der Kammern verrichtet.

Diese Arbeit wird zur Verdichtung der Luft in der Kammer verwendet. Wir können annehmen, dass die Compression der Luft bei constanter Temperatur erfolgt. Würde die Spannung der Luft

gleich vom Puncte c zu steigen beginnen, so würde die zur Verdichtung nöthige Arbeit durch

$$p_0 V \log \frac{p_1}{p_0}$$

gegeben sein. Nachdem aber die Spannung einige Zeit constant p_0 ist, wird die Arbeit der Compression kleiner, z. B. nur

$$\alpha p_0 V \log \frac{p_1}{p_0}$$

sein, wenn α einen echten Bruch bezeichnet.

Beim regelmässigen Spiele des Apparates muss die Arbeit des Ueberdruckes der Atmosphäre, welche das Wasser als lebendige Kraft aufnimmt, grösser sein als die Verdichtung an Arbeit verzehrt, bei der grössten Saughöhe aber wird die lebendige Kraft des Wassers zur nöthigen Verdichtung der Luft eben noch hinreichen, man hat demnach die Beziehung:

$$\alpha p_0 \log \frac{p_1}{p_0} = 1 - 0.1 h_m, \text{ woraus}$$

$$h_m = 10 \left(1 - \alpha p_0 \log \frac{p_1}{p_0} \right) \text{ folgt.}$$

Wie schon erwähnt, kann p_1 nie unter eine, der Kesselspannung proportionale Grenze, z. B. βp sinken. Die Diagramme belehrten uns, dass p_0 als absolut constant betrachtet werden kann, weshalb sowohl αp_0 als auch

$$\alpha p_0 \log \frac{\beta}{p_0}$$

constante Grössen sind. Fasst man die Constanten passend zusammen und führt man statt des natürlichen Logarithmus den künstlichen ein, so kommt $h_m = a - b \log p$.

Der Werth von a und b ist nun durch Versuche zu ermitteln.

Aus später zu erörternden Gründen bedeutet p nicht die jeweilige Kesselspannung, sondern die kleinste, welche zur regelmässigen Ingang-Erhaltung des Apparates hinreicht. Da wir nun bei den Versuchen nur eine einzige Druckhöhe anwandten, somit p trotz der verschiedenen, beobachteten Kesselspannungen nur einen Werth besitzen kann, bin ich gezwungen, die eine der beiden Unbekannten (a und b) zu schätzen. Nehme ich an, die Reibungs-Hindernisse und die Steifheit der Saugventile verzehren 0.5^m Wassersäule, so ist $a = 9.5$ und $h = 9.5 - b \log p$.

Der Dampfdruck hat nicht nur die Druckhöhe H^m , sondern auch den Atmosphärendruck zu überwinden, es muss somit p mindestens $(1 + 0.1 H)$ sein. Gestatten wir uns, aus der Lage des Punctes a im Diagramme auf die kleinste Kesselspannung zu schliessen, so folgt, dass für $H = 20^m$, also $1 + 0.1 H = 3^{kg}$, $p = 3.4^{kg}$ sein muss; oder durch Verallgemeinerung, wobei wir statt $\frac{3.4}{3}$ 1.2 setzen:

$$p = 1.2 (1 + 0.1 H) \dots \dots \dots 1).$$

Räumliche Verhältnisse machten es uns unmöglich, die grösste Saughöhe für die Druckhöhe von 20^m unmittelbar zu bestimmen. Es zeigte sich aber, dass der Apparat bei 6^m Saughöhe nicht in Gang zu setzen war, während derselbe bei 4^m Saughöhe sehr regelmässig und sicher functionirte. Wir können demnach mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass für $p = 3.6$, $h_m = 5^m$ gesetzt werden kann. Hieraus ergibt sich

$$b = \frac{9.5 - 5}{\log 3.6} \doteq 8 *);$$

demnach hätte man allgemein als grösste Saughöhe

$$h_m = 9.5 - 8 \log p \dots \dots \dots 2).$$

*) Nach des Verfassers „Compendium der mechanischen Wärmetheorie“, Seite 163, ist für reinen, d. i. wasserfreien Dampf $p = 0.577 p_0$ die in Rede stehende Grenze.

*) Hall stellt die Regel auf, dass $p = 2 + 0.1 H$ sein muss, dann wäre $h_m = 9.5 - 7 \log p$.

Mit Hilfe der grössten Saughöhe lässt sich die Anzahl der minutlichen Pulsationen für eine beliebige Saughöhe ermitteln.

Dieselbe wird mit der Geschwindigkeit des in die Kammer eintretenden Wassers zunehmen; da aber die Geschwindigkeit mit der Wurzel aus $h_m - h$ proportional ist, kann die Zahl der minutlichen Pulsationen gesetzt werden:

$$n = a + b \sqrt{h_m - h} + c \sqrt{(h_m - h)^2} + \dots$$

Die Unbekannten a , b , c u. s. w. lassen sich nur mit Hilfe von Versuchen verlässlich bestimmen. Mit Rücksicht auf die uns zu Gebote stehenden Versuche müssen wir uns mit zwei Gliedern der Reihe begnügen. Setzen wir in die Gleichung 1) für $H = 20$, so wird $p = 3.6$ und aus Gleichung 2) folgt $h_m = 5.05$, weshalb für unsere Versuche

$$n = a + b \sqrt{5.05 - h} \text{ ist.}$$

Wir fanden für $h = 0.75$, $n = 70$ und für $h = 4$, $n = 45.5$, mithin hat man

$$70.0 = a + 2.246$$

$$45.5 = a + 1.036$$

und hieraus ergibt sich $b = 20.3$ und $a = 24.6$ oder abgerundet:

$$n = 25 + 20 \sqrt{h_m - h} \dots 3).$$

Um eine Formel für das Verhältniss zwischen dem gehobenen Wasser und dem verbrauchten Dampf aufstellen zu können, müssen wir zunächst das Verhältniss kennen, in welchem die Ausflussmengen des Dampfes bei verschiedenen Spannungen, sonst aber gleichen Umständen stehen. Setzen wir voraus, es ströme einmal Dampf von 2.0253^{kg} Spannung, d. i. 120° Temperatur in einen Raum, woselbst die Spannung $\frac{2.0253}{1.2} = 1.688^{\text{kg}}$ herrscht. Das andere Mal ströme Dampf von 10.2353^{kg} , d. i. 180° Temperatur in einen Raum, woselbst die Spannung $\frac{10.2353}{1.2} = 8.5294^{\text{kg}}$ herrscht.

Das durch die Flächeneinheit per Secunde ausfliessende Dampfgewicht ist allgemein *):

$$G_1 = \frac{\tau}{E_0 - \log T} \sqrt{\frac{2g}{A}} [J_0 - T(1 + E_0 - \log T)].$$

Im ersten Falle findet man

$$t_0 = 120, J_0 = 915.23, E_0 = 7.3026, T = 387.35,$$

$$\log \tau = 0.11572, \ln T = 5.9593 \text{ und}$$

$$\frac{G}{F} = G_1 = 243.8, \frac{G_1}{p} = 120.$$

Im zweiten Falle hingegen ist

$$t_0 = 180, J_0 = 934.53, E_0 = 7.1788, T = 445.24,$$

$$\log \tau = 0.68257, \ln T = 6.0986 \text{ und}$$

$$G_1 = 1173.2, \frac{G_1}{p} = 114.$$

Für unseren Zweck ist demnach die Annahme, dass die per Flächeneinheit und Secunde ausfliessende Gewichtsmenge der Spannung proportional ist, hinreichend genau und wir können für das in der Minute durch die Fläche F ausströmende Gewicht setzen $g = \alpha F p$.

Die in der Minute gelieferte Wassermenge ist aber $G = n V$ und deshalb

$$x = \frac{G}{g} = \frac{V}{\alpha F} \cdot \frac{n}{p}.$$

Wenn in dem Kessel die kleinste Spannung erhalten wird, muss das Ventil ganz offen sein, so dass der Quotient $\frac{V}{\alpha F}$ eine constante Grösse ist, z. B. α , weshalb $x = \frac{\alpha n}{p}$ gesetzt werden kann.

*) Compendium der mechanischen „Wärmetheorie“, Seite 161, Gleichung 7'), wenn für k der dem Wasserdampfe entsprechende Werth = 1 eingesetzt wird.

Berücksichtigt man, dass für unsere Versuche sowohl α als auch p constant ist und schreibt man $x p = \alpha n$, so sieht man, dass $p \Sigma x = \alpha \Sigma n$ und

$$\alpha = p \frac{\Sigma x}{\Sigma n} \text{ ist.}$$

Es ist aber nach den Versuchen die Summe von x , d. i. $\Sigma x = 255.6$, ferner $\Sigma n = 277.6$ und $p = 3.6$, daher

$$\alpha = 3.6 \frac{255.6}{277.6} = 3.35.$$

Hiermit erhalten wir:

$$\frac{G}{g} = 3.55 \frac{n}{p} \dots 4).$$

Die Tabelle über die Versuche zeigt für den Dampfverbrauch per Minute, trotz der verschiedenen Kesselspannungen, fast constante Werthe. Dieses scheinbar unrichtige Resultat findet seine Erklärung in der von Hall empfohlenen Regulirung der Dampf-Einströmung. Man hat nämlich das Ventil gänzlich zu öffnen, und wenn der Apparat schon in gutem Gange ist, das Ventil so weit zu schliessen, als eine Abnahme der minutlichen Pulsationen nicht wahrnehmbar ist. Das Drosseln hat hier offenbar einzig den Zweck, die Admissions-Spannung und den Dampfverbrauch auf das unausweichliche Minimum herabzusetzen, weshalb man in der Theorie nicht mit der jeweiligen Kesselspannung, sondern mit dem Minimum derselben zu rechnen hat.

Ein kleiner Verlust mag durch eine zu hohe Kesselspannung immerhin eintreten, weil die gesammte Wärme des Dampfes um so grösser, je grösser dessen Spannung ist.

Nach den Gleichungen 1) bis 4) nämlich:

$$p = 1.2 (1 + 0.2 H) \dots 1),$$

$$h_m = 9.5 - \log p \dots 2),$$

$$n = 25 + 20 \sqrt{h_m - h} \dots 3),$$

$$\frac{G}{g} = 3.35 \frac{n}{p} = x \dots 4),$$

ist die nachstehende Tabelle berechnet.

H	p	h _m	h = 0		h = 1		h = 2		h = 3		h = 4	
			n	x	n	x	n	x	n	x	n	x
10	2.4	6.5	76	106	72	100	67	93	62	86	57	79
20	3.6	5.1	70	65	65	60	60	56	54	50	46	43
30	4.8	4.0	65	45	60	42	53	37	45	31	25	17.5
40	6.0	3.3	61	34	55	31	48	27	36	20	.	.
50	7.2	2.6	57	26.5	50	23	40	19
60	8.4	2.2	55	22	47	19	34	13.6

Die Tabelle beantwortet mancherlei Fragen, von welchen wir nur Eine hervorheben wollen.

In einer Grube ist das Wasser aus einem Reservoir 40^{m} hoch zu heben, der höchste Wasserstand im Reservoir ist 2^{m} ; es fragt sich, ob es vortheilhafter ist nur einen oder zwei übereinander stehende Apparate aufzustellen?

Der untere Apparat kann natürlich nicht unter den höchsten Wasserspiegel gestellt werden, weshalb die grösste Saughöhe 2^{m} , die kleinste 0^{m} und die mittlere $h = 1^{\text{m}}$ beträgt.

Nach der Tabelle ist für:

$$H = 40^{\text{m}} \text{ und } h = 1^{\text{m}}, \quad g = \frac{G}{31} = 0.0323 G,$$

$$H = 20^{\text{m}} \text{ und } h = 1^{\text{m}}, \quad g_1 = \frac{G}{60} = 0.0167 G,$$

$$H = 20^{\text{m}} \text{ und } h = 0^{\text{m}}, \quad g_2 = \frac{G}{65} = 0.0154 G,$$

somit

$$g_1 + g_2 = 0.0321 G \doteq 0.0323 G,$$

d. h. für den Dampfverbrauch ist es gleichgiltig, ob man einen oder zwei Apparate anwendet.

Hätte man $H = 50^m$ und $h = 2^m$ im Mittel, so ist für:

$$H = 50^m, h = 2^m, g = 0.0527 G,$$

$$H = 20^m, h = 2^m, g_1 = 0.0179 G,$$

$$H = 30^m, h = 0^m, g_2 = 0.0222 G,$$

also

$$g_1 + g_2 = 0.0401 G < 0.0527 G,$$

d. h. es sind zwei übereinander stehende Apparate vortheilhafter als einer.

Vergleichen wir nun die Leistungen eines Kilogramm Dampfes beim Pulsator und bei einer Dampfmaschine.

Bei unseren Versuchen war $H = 20$, $h = 0.15$ und $\frac{G}{g} = 68.3$. Die nützliche Arbeit eines Kilogramm Dampfes beträgt somit $68.3 \times 20.15 = 1376$ Meter-Kilogramm.

Für $H = 20$, $h = 4$ hingegen ist $\frac{G}{g} = 39.7$ und die Arbeit eines Kilogramm Dampfes $24 \times 39.7 = 953$ Meter-Kilogr.

In der rotirenden Wasserhaltungs-Maschine des Andreas-Schachtes in Schemnitz war die indicirte Arbeit eines Kilogramm Dampfes, wenn die Maschine als Volldruck-Maschine arbeitete $8100^{m.kg}$; wenn dieselbe aber am vortheilhaftesten, d. i. mit halber Füllung arbeitete $11380^{m.kg}$. Das Güteverhältniss der Maschine sammt Pumpe geht gewiss nicht unter 0.6, mithin ist die Nutzarbeit eines Kilogramm Dampfes beziehungsweise 4860 und $6828^{m.kg}$. Der Pulsator verbraucht demnach für $h = 0.15^m$ beziehungsweise 3.5 und 5 Mal so viel Dampf als die Maschine, für $h = 4^m$ aber 5.1 und 7.2 Mal soviel. Die Kesselspannungen sind beim Pulsator 3.6^{kg} , bei der Volldruck-Maschine 3.34^{kg} und bei der Expansions-Maschine 3.50^{kg} , also so wenig verschieden, dass der Wärme-Aufwand dem Dampfverbrauche proportional ist.

Dieses, bezüglich des Dampfverbrauches, für den Pulsator sehr ungünstige Resultat war in Vorherein zu erwarten, schliesst aber die Möglichkeit, dass die Anwendung eines Pulsators hie und da vortheilhafter sein kann als jene der Dampfmaschine, nicht gänzlich aus, denn nicht die Betriebskosten allein entscheiden über die Vortheilhaftigkeit einer Anlage, sondern es muss auch die Verzinsung und Amortisation des Anlage-Capitals in Rechnung gezogen werden.

Kritische Bemerkungen

über die

für Wasserheiz-Anlagen angewendeten Berechnungsmethoden.

Von

Dr. Weiss,

o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Bräun.

Zur Berechnung der Heizfläche F einer Wasserheizungs-Anlage wird die einfache empirische Formel

$$F = z \cdot J \cdot \text{Quadrat-Meter} \dots 1)$$

verwendet, unter:

J den Rauminhalt des zu beheizenden Locales in Kubik-Meter,

z einen Coëfficienten, welcher je nach Umständen schätzungsweise zu 0.012 bis 0.04 angenommen wird, verstanden, oder es wird zu dem gleichen Zwecke die etwas genauere Formel

$$F = \varphi \cdot W \cdot \text{Quadrat-Meter} \dots 2)$$

benützt, in welcher

W die von der Heizröhre stündlich abzugebende Wärmemenge in Cal. und

φ einen Coëfficienten, d. i. die für jede stündlich zu transmittirende Wärme-Einheit erforderliche Heizflächengrösse in Quadrat-Meter bedeutet.

Letzterer Coëfficient wird je nach dem System der mit ihm zu berechnenden Heizanlage und je nach Umständen zu 0.0003 bis 0.002 angenommen.

Zur noch genaueren, die einschlagenden Verhältnisse eingehender berücksichtigenden Berechnung ist in Redtenbacher's „Maschinenbau“ und in Redtenbacher-Grashof's „Resultaten für den Maschinenbau“ die Formel:

$$F = \frac{W}{k} \frac{\ln \frac{t_1 - t}{t_0 - t}}{t_1 - t_0} \dots 3)$$

empfohlen, während Ferrini, Ferrini-Schrötter und Valérius in ihren Werken „Tecnologia del calore“ (Technologie der Wärme) und „Les applications de la chaleur, 1879“ zu dem gleichen Zwecke die Formel

$$F = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{t_1 + t_0}{2} - t} \dots 4)$$

geben, worin bedeutet:

k Transmissions-Coëfficient,

t_1 Temperatur, mit welcher das Heizwasser der Röhre zufliesst,

t_0 Temperatur, mit welcher das Heizwasser aus der Röhre abfliesst,

t mittlere Temperatur des von der Heizröhre erwärmten Locales.

Diese beiden Formeln, von denen 2) eine angenähert richtige ist, beziehen sich lediglich auf den Sonderfall einer Anbringung der Heizröhre frei im Locale, derartig, dass die Wärme-Transmission vermöge der mittleren Temperatur-Differenz $\frac{t_1 + t_0}{2} - t$ von Statten gehen kann.

Dieser Sonderfall kommt bei den neuerdings ausgeführten Heizsystemen selten vor. Bei weitem häufiger wird die Heizröhre, in spiralartigen Windungen gebogen, von einer Ummantelung umschlossen oder in einer ausserhalb des zu beheizenden Locales befindlichen und mittelst Canälen mit dem letzteren in Verbindung stehenden Heizkammer angebracht und diesfalls sind obige Formeln grundsätzlich unrichtig.

Auch ist die Specialisirung von 3), welche mit den Werthen $t = 80$, $t_0 = 40$ und $k = 23$, $F = \frac{W}{990}$ und mit den Werthen $t_1 = 150$, $t_0 = 50$ und $k = 23$, $F = \frac{W}{1730}$ liefert,

oft irrig aufgefasst worden und eine kritiklos: Anwendung dieser Formeln, sowie der empirischen Berechnungsmethode 1) und 2) hat sogar zu sehr schwerwiegenden und kostspieligen Irrthümern verleitet, weshalb ich das Nachfolgende der Veröffentlichung werth erachte.

Offenbar muss im Falle eines Eingeschlossenseins der spiralartig gewundenen Röhre, des Heizofens, in einer Heizkammer oder Ummantelung derartig, dass an der Stelle wo die Temperatur t_0 im Wasser herrscht, die zu erwärmende Luft mit der Temperatur \mathfrak{T}_0 zufliesst und an der Stelle, wo die Temperatur t_1 im Wasser herrscht, die erwärmte Luft mit der Temperatur \mathfrak{T}_1 wieder abströmt, gemäss dem bekannten Principe der Gegenströmung anstatt der Formel 1) die Formel

$$F = \frac{W}{k} \frac{\ln \frac{t_1 - \mathfrak{T}_1}{t_0 - \mathfrak{T}_0}}{(t_1 - \mathfrak{T}_1) - (t_0 - \mathfrak{T}_0)} \dots 5)$$

und anstatt der Formel 2) die Formel

$$F = \frac{1}{\frac{t_1 + t_0}{2} - \frac{\mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_0}{2}} \frac{W}{k} = \frac{2}{k} \frac{1}{t_1 + t_0 - \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0} \dots 6)$$

angewendet werden: Bedeutet nun aber:

W_a die durch äussere Abkühlung aus dem Locale stündlich verschwindende, beziehentlich die während der Anheizperiode in die Umschliessungswände zu leitende Wärmemenge,

\mathfrak{B} das an der Heizspirale behufs seiner Erwärmung stündlich vorüberzuführende Luftvolumen in Kubik-Meter,
 $\alpha \cdot \gamma = 0.3$ die spezifische Wärme und das Gewicht der Volumeneinheit der Luft,
 c die Geschwindigkeit des die Heizröhre durchfliessenden Wassers in Metern per Secunde,
 q den lichten Querschnitt der Heizröhre in Quadrat-Meter,
 γ_1 das Gewicht eines Kubik-Meter Wassers in Kilogramm,
 so ist für den Fall einer Combination der Beheizung mit der Ventilation derartig, dass die Ventilationsluft als Heizluft dient:

$$W = 0.3 \mathfrak{B} (\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0) = W_a + 0.3 \mathfrak{B} (t - \mathfrak{T}_0) \quad 7),$$

$$W = 3600 \cdot q \cdot c \cdot \gamma_1 (t_1 - t_0) \quad 8).$$

Mit den Abkürzungen:

$$\left. \begin{aligned} m &= 3600 \cdot q \cdot c \cdot \gamma_1 \\ T &= 2 t_1 - t - \mathfrak{T}_0 \\ \Theta &= 0.3 (t - \mathfrak{T}_0) \\ \tau &= t_1 - t \\ \tau_0 &= t_1 - \mathfrak{T}_0 \\ v &= \frac{\mathfrak{B}}{W_a} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 9)$$

ergibt sich aus 7), 8):

$$\mathfrak{T}_1 = \frac{W_a}{0.3 \mathfrak{B}} + t = \frac{1}{0.3 v} + t \quad 10),$$

$$t_0 = t_1 - \frac{W_a}{m} - \frac{\Theta \mathfrak{B}}{m} = t_1 - \frac{W_a}{m} (1 + \Theta v) \quad 11),$$

aus 2), 7) und 9), sowie mit

$$\varphi = \frac{\varphi_1}{k} \quad 12),$$

$$\frac{k F}{W_a} = \varphi_1 (1 + \Theta v) \quad 13),$$

aus 4), 7), 8) und 9), sowie mit

$$B_1 = 2 (t_1 - t) \quad 14),$$

$$\frac{k F}{W_a} = 2 \frac{(1 + \Theta v)}{B_1 - (1 + \Theta v) \frac{W_a}{m}} \quad 15),$$

aus 5), 7), 8) und 9)

$$\frac{k F}{W_a} = \frac{1 + \Theta v}{(1 + \Theta v) \frac{W_a}{m} - \frac{\Theta}{0.3} \left(1 + \frac{1}{\Theta v}\right)} \ln \frac{\tau - \frac{1}{0.3 v}}{\tau_0 - (1 + \Theta v) \frac{W_a}{m}} \quad 16)$$

und aus 6), 7), 8) und 9)

$$\frac{k F}{W_a} = 2 \frac{1 + \Theta v}{T - (1 + \Theta v) \frac{W_a}{m} - \frac{1}{0.3 v}} \quad 17).$$

Die Formeln 13), 15), 16) und 17) sind in Fig. 1 graphisch dargestellt. Als Abscissen wurden die Grössen $v = \frac{\mathfrak{B}}{W_a}$ derartig aufgetragen, dass jeder Millimeter dem Betrage $v = 0.002$ und jede der 20 angegebenen Einheiten dem Betrage $v = 0.01$ entspricht, so dass also beispielsweise die 13. Einheit den Werth $v = 0.13$ und mithin gemäss 9) $\mathfrak{B} = 0.13 W_a$ bedeutet. Als Ordinaten sind die Werthe:

$$\frac{k F}{W_a} = C \quad 18)$$

derartig aufgetragen, dass jeder Millimeter dem Betrage 0.001 entspricht, so dass daher beispielsweise eine mit 24^{mm} abgemessene Ordinate den Betrag $C = 0.024$ bedeutet. Die derartig bestimmten Ordinaten lassen also gemäss 18 die Heizfläche mittelst des Ausdruckes:

$$F = \frac{C}{k} \cdot W_a \quad 19)$$

berechnen.

Es gelten die Curven:

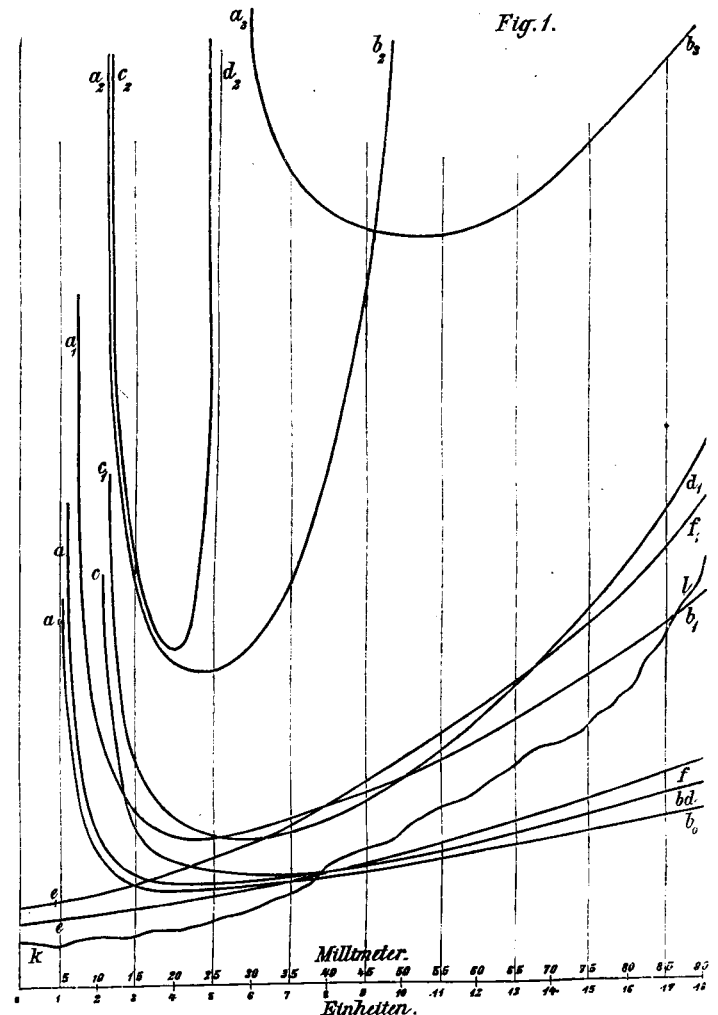
$a b, a_0 b_0, a_1 b_1, a_2 b_2$ und $a_3 b_3$ für Formel 17,	
$c d, c_1 d_1$ und $c_2 d_2$ " " 16,	
$e f$ und $e_1 f_1$ " " 15,	
$k l$ " " 13,	

und zwar sind diese Curven mit den Annahmen berechnet:

$$\left. \begin{aligned} a_0 b_0 &\text{ für } W_a = 0 \\ a b, c d, e f &\text{ für } W_a = 3000 \\ a_1 b_1, c_1 d_1, e_1 f_1 &\text{ „ } W_a = 15000 \\ a_2 b_2, c_2 d_2 &\text{ „ } W_a = 30000 \\ a_3 b_3 &\text{ „ } W_a = 3000 \end{aligned} \right\} \text{ für } t_1 = 150$$

sowie mit den für sämtliche Curven geltenden Annahmen $t = 20, \mathfrak{T}_0 = 20, \Theta = 12$ und $m = 300$,

was betreffs des letzteren Werthes einer Anlage aus sogenannten Pressröhren von 35^{mm} äusserem und 22^{mm} innerem Durchmesser, also dem Betrage $q = 0.00038$, sowie $c = 0.23$ entspricht.



Die Curven beziehen sich also auf den Fall, in welchem ein und derselbe vom Wasser mit der mittleren Circulations-Geschwindigkeit $c = 0.23^m$ durchflossene Röhrenstrang unter verschiedenen Umständen zur Herstellung von spiralartig gewundenen, und die Ummantelungen oder Heizkammern eingeschlossenen Oefen benützt werden soll.

Aus den Curven können nun nachstehende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Für mittlere Verhältnisse liefern die drei Formeln 15), 16) und 17) fast völlig gleiche Resultate. Denn innerhalb der Abscissen 7 und 20, entsprechend $v = 0.07$ bis 0.2, fallen die Curven $a b$ und $c d$ fast vollkommen zusammen, und auch $e f$ weicht nur unerheblich ab; ebenso gehen innerhalb $v = 0.07$ und $v = 0.18$ die Curven $a_1 b_1, c_1 d_1$ und $e_1 f_1$ nicht viel auseinander. Dagegen weicht für sehr kleine Beträge von v , die der grundsätzlich unrichtigen Formel 15) entsprechende Curve $e f$ und $e_1 f_1$ sehr erheblich von der, der genauen Formel 16) entsprechenden Curve $c d$ und $c_1 d_1$ ab, und für grössere Beträge von v entfernt sich auch von der letzteren Curve die der angenähert richtigen Formel 17) zugehörige Curve $a_1 b_1$. Endlich zeigt sich eine erhebliche Differenz zwischen $a_2 b_2$ und $c_2 d_2$, sowie zwischen $a_3 b_3$ und $c_3 d_3$.

indem die letztere so grosse Ordinaten hat, dass sie innerhalb des hier gebotenen Raumes gar nicht zu verzeichnen war.

2. Der durch die Ordinaten der Curven repräsentirte Coëfficient C der Formel 18) ist keineswegs constant, sondern sowohl mit t_1 und v , als auch mit W_a veränderlich. Diejenigen empirischen Formeln, welche diesen Coëfficienten C , wenn auch mit t_1 und v als veränderlich, so doch für W_a als constant voraussetzen, sind daher für extreme Fälle sehr irrig. Eine solche empirische Formel ist die aus 2) hervorgegangene Formel 13), und die wegen unbestimmt gelassener genauerer Angaben nicht gesetzmässig verlaufende Curve k stellt dieselbe dar.

Es zeigt sich, dass die Mittelwerthe der angenähert und genau richtigen Formeln allerdings mit den Resultaten dieser empirischen Formeln zusammenfallen, sofern $t_1 = 150$ ist und W_a zwischen 3000 und 15000 liegt. Aber für beträchtlich kleinere Werthe von t_1 und grössere Werthe von W_a sind die Abweichungen bedeutend.

Wäre C von W_a unabhängig, könnte also für diesen Coëfficienten $W_a = 0$ gesetzt werden, so würde mit $t = 150$ die Curve a, b_0 entstehen. Letztere bildet also die untere Grenze aller Curven, welche grösseren Werthen von W_a und kleineren Werthen von t_1 angehören.

3. Nach Massgabe einer empirischen Regel wird der Coëfficient $\frac{C}{k}$ der Formel 19) constant angenommen für alle Werthe von v und W_a und nur betreffs t_1 veränderlich gesetzt. Diese Annahme wird mit der Behauptung begründet, dass k in dem gleichen Grade wie C mit v anwachse, dass also die stündlich per Quadrat-Meter und per 1° Temperatur-Differenz transmittirte Wärme nicht constant sei, sondern mit zunehmendem Ventilations-Quantum grösser werde. Diesfalls würden die mit dem veränderlichen Werthe von k dividirten Ordinaten der Curven ab, cd und ef als Curve eine mit der Abscissenachse parallel laufende Gerade liefern. Inwieweit diese Annahme richtig ist, lässt sich zur Zeit nicht mit Bestimmtheit entscheiden. In den hier angeführten theoretischen Formeln wird k als durchaus constant vorausgesetzt. Trotzdem weiss man sehr wohl, dass k mit mancherlei Grössen veränderlich ist.

Dieser Coëfficient wird von Péclet für Temperatur-Differenzen unter 30° zu vier angegeben für den Fall, dass die Röhrenoberfläche polirt ist, oder dass das Wasser ausserhalb der Röhre und die Luft innerhalb derselben befindlich, und er wird von demselben auf $k = 8$ geschätzt für den Fall, dass die Röhre eine metallische oder geschwärmte Oberfläche hat, vom Wasser durchflossen und von der Luft äusserlich berührt wird; auch ist es dabei gleichgiltig gelassen, ob die Röhre frei im Zimmer liegt, oder von einer Heizkammer umschlossen wird, wenn nur die inneren Wandungen der letzteren, die von der Röhre ausgestrahlte Wärme auffangen können und namentlich, wenn durch angebrachte Schirme einer zu weit gehenden gegenseitigen Bestrahlung der einzelnen Röhrentheile vorgebeugt wird. Ch. Hood führt in seinem Buche: „A practical treatise on warming buildings by hot water“ auf pag. 102 Experimente an, welche für frei im Zimmer angebrachte Röhren bei 70° Wasser-Temperatur die Werthe liefern:

- $k = 9$ bei geschwärmter Oberfläche,
- $k = 8.7$ bei metallischer Oberfläche und
- $k = 7.5$ bei weisser Oberfläche.

Valérius berechnet in: „Les applications de la chaleur 1879“, pag. 218 aus den Péclet'schen Fundamentalwerthen den Betrag: $k = 8$ bis 13.5 .

Im Ferrini-Schrötter'schen Werke ist für das Niederdruck-System $k = 11$ angenommen, jedoch dieser Coëfficient für die innere Fläche der Röhre in Rechnung gezogen, so dass thatsächlich je nach der ausgeführten Wanddicke $k = 6$ bis 10 ausfallen würde.

Redtenbacher gibt für das letztgenannte System $k = 23$ und für das Hochdruck-System $k = 11.5$ an, indem er letzterenfalls allerdings den Coëfficienten auch gleich 23 setzt, ihn aber auf die innere, halb so gross, als die äussere Oberfläche angenommene Fläche der Röhre bezieht.

Es ist zu beklagen, dass völlig verlässliche Werthe für diesen Coëfficienten noch nicht ermittelt wurden, um so mehr, als eine solche Ermittlung mit nicht zu grosser Mühe und mit relativ sehr geringen Kosten ausführbar sein würde. Dass man für frei im Zimmer oder auch in einer Heizkammer angebrachte Röhren bei Temperaturen von 50 bis 100° $k = 9$ und bei Temperaturen von 100 bis 150° $k = 12$ annehmen, und für den Fall, dass vermöge lebhafterer Strömung der Luft durch die Heizkammern, einer andernfalls stattfindenden Stagnirung der Luft in der Nähe der Röhrenoberflächen vorgebeugt wird, $k = 15$ setzen könne, ist nur eine, meinerseits auf allgemeine Beobachtungen und Erfahrungen gestützte Meinung. Bei dem dermaligen Stande der Sache zur Berechnung von k einen hypothetischen, diesen Coëfficienten von t_1 oder $(t_1 - \mathfrak{T}_1)$ und v als abhängig darstellenden Ausdruck aufstellen und mittelst desselben eine Formel als Ersatz für 3), 4), 5) und 6) ableiten zu wollen, würde ein verfrühtes Unternehmen sein.

4. Bei sehr kleinen Ventilationsgrössen, entsprechend $v = 0$ bis $v = 0.03$, müssen die Heizflächen ausserordentlich gross, beziehentlich unendlich gross, selbst unter übrigens günstigen Umständen gemacht werden.

Diese Thatsache wird durch die Redtenbacher'sche, Valérius'sche und Ferrini'sche Formel, welche durch die Curven $e f$ und e, f_1 dargestellt ist, keineswegs zum Ausdruck gebracht und ist daher um so mehr meistens unbeachtet geblieben, als sie bei erster Ueberlegung paradox erscheinen mag.

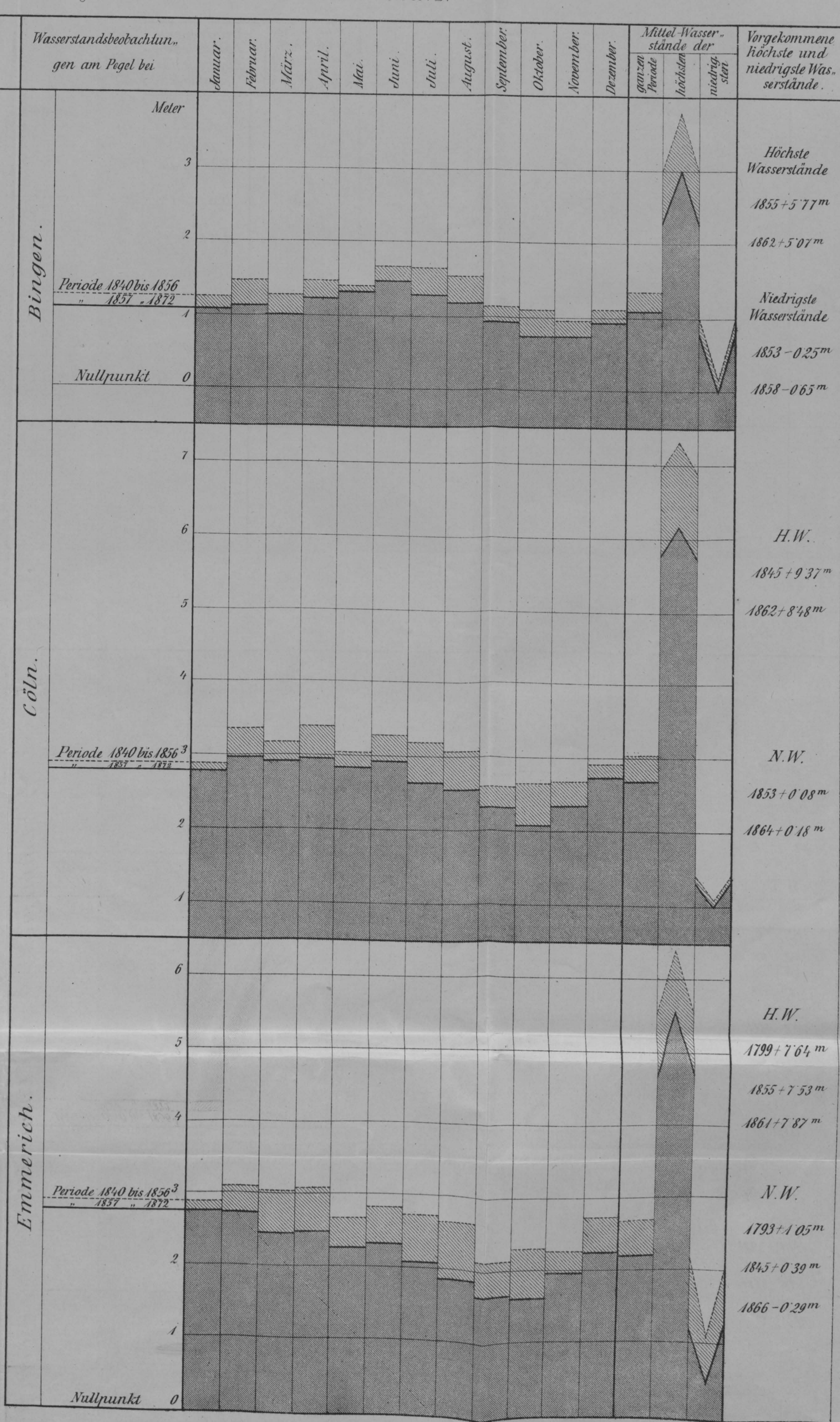
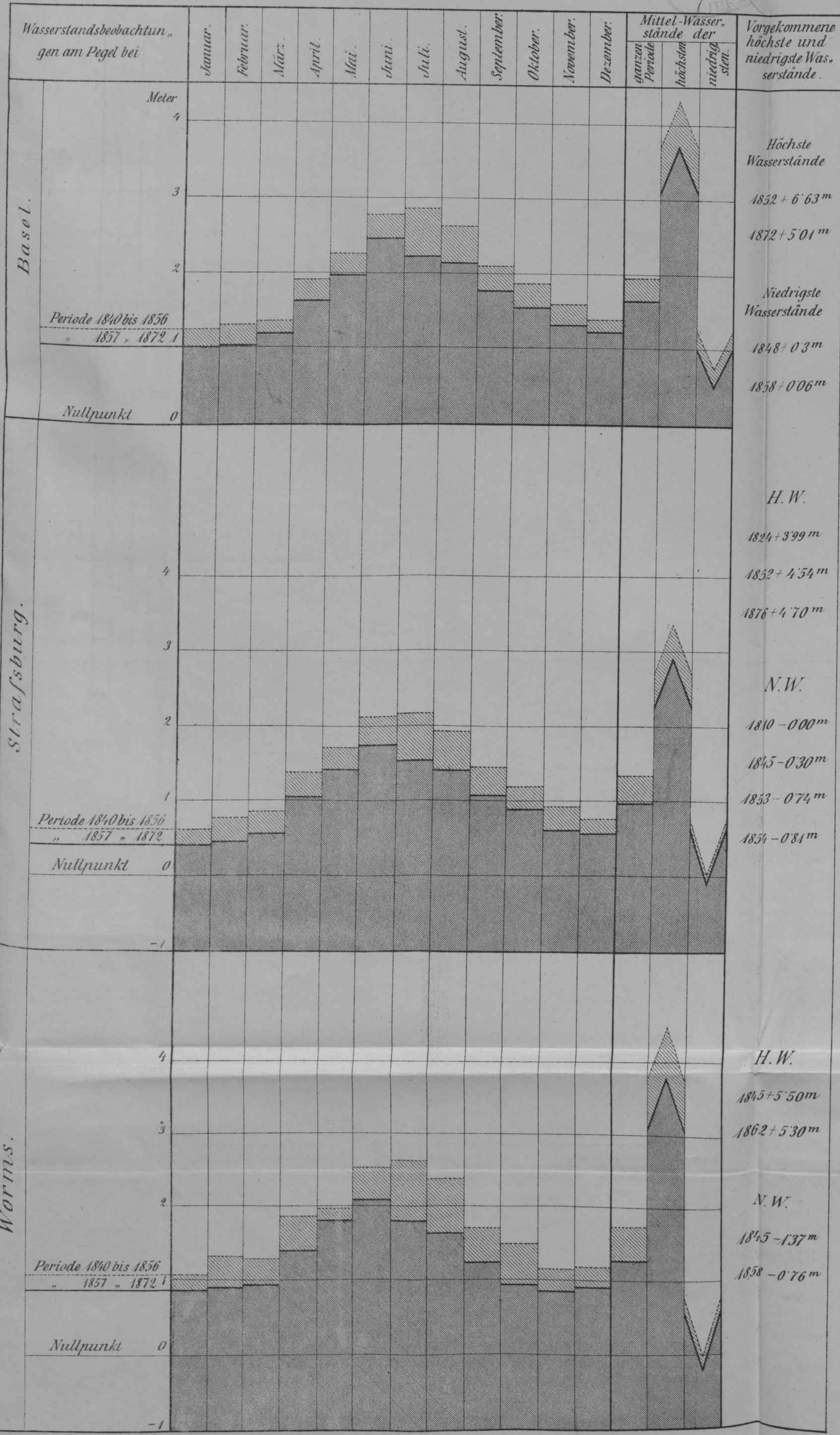
Es ist nämlich jedenfalls richtig, dass die Wärmeabgabe einer Röhre am kleinsten für $v = 0$, also für den Fall gar keiner Ventilation wird. Ist jedoch gemäss den hier vorausgesetzten Annahmen die Röhre in einer Ummantelung oder in einer Heizkammer befindlich, so wächst die Lufttemperatur in dieser Umhüllung während des Beharrungszustandes bei $v = 0$ bis auf die Temperatur des Wassers an, und alsdann ist eine Wärmeabgabe nicht möglich, selbst wenn die Heizfläche unendlich gross gemacht würde. Und falls unter diesen Umständen v nicht sehr gross ist, so fällt die Temperatur \mathfrak{T}_1 so hoch aus, dass aus diesem Grunde die Heizfläche eine bedeutende Ausdehnung erhalten muss, um eine verhältnissmässig geringe Wärme abgeben zu können.

Nicht selten ist es mir vorgekommen, dass Fabrikanten, welche für gut zu ventilirende Locale einen zwei- bis dreimaligen stündlichen Luftwechsel zusicherten, für andere nur mässig zu ventilirende Räume, einen nur einmaligen Luftwechsel in der Absicht contractlich stipulirten, um für diese Räume mit geringeren Heizflächengrössen ausreichen zu können. Dieser Irrthum musste jedoch später theuer gebüsst werden, da gemäss den soeben dargelegten Beziehungen für den Fall, dass die Ventilation nachträglich nicht verstärkt werden konnte, selbst eine beträchtliche Vergrösserung der ursprünglich angebrachten Heizfläche das betreffende Local nicht heizbar machte.

5. Die hier besprochenen Formeln und die graphischen Darstellungen derselben legen vor Augen, dass zur Erzielung minimaler Heizflächengrössen ein ganz bestimmtes, mit t_1 und W_a veränderliches Ventilations-Quantum angenommen werden muss, und dass eine Abweichung von diesem Quantum sowohl abwärts, als aufwärts unter Umständen zu sehr bedeutend grösseren Heizflächen nöthigt.

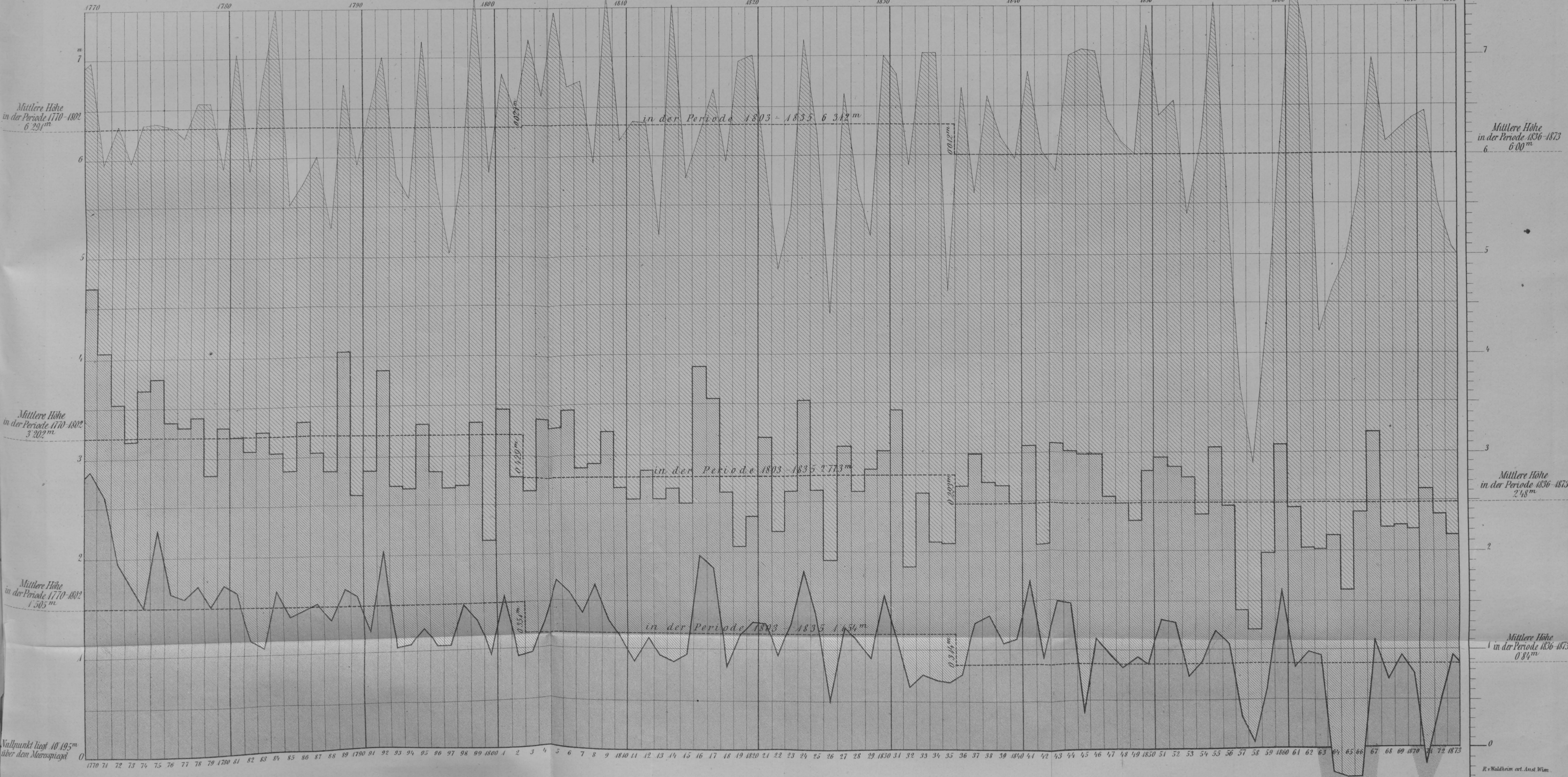
Eine Discussion hierüber, also auch eine Erörterung der Frage, unter was für Annahmen eine Wasserheizanlage mit den geringsten Kosten hergestellt werden kann, behalte ich mir für einen demnächst folgenden Artikel vor.

der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände dann der vorgekommenen höchsten und der niedrigsten Wasserstände im Rhein-Strome für die Beobachtungs-Perioden von 1840 bis 1856 und 1857 bis 1872.

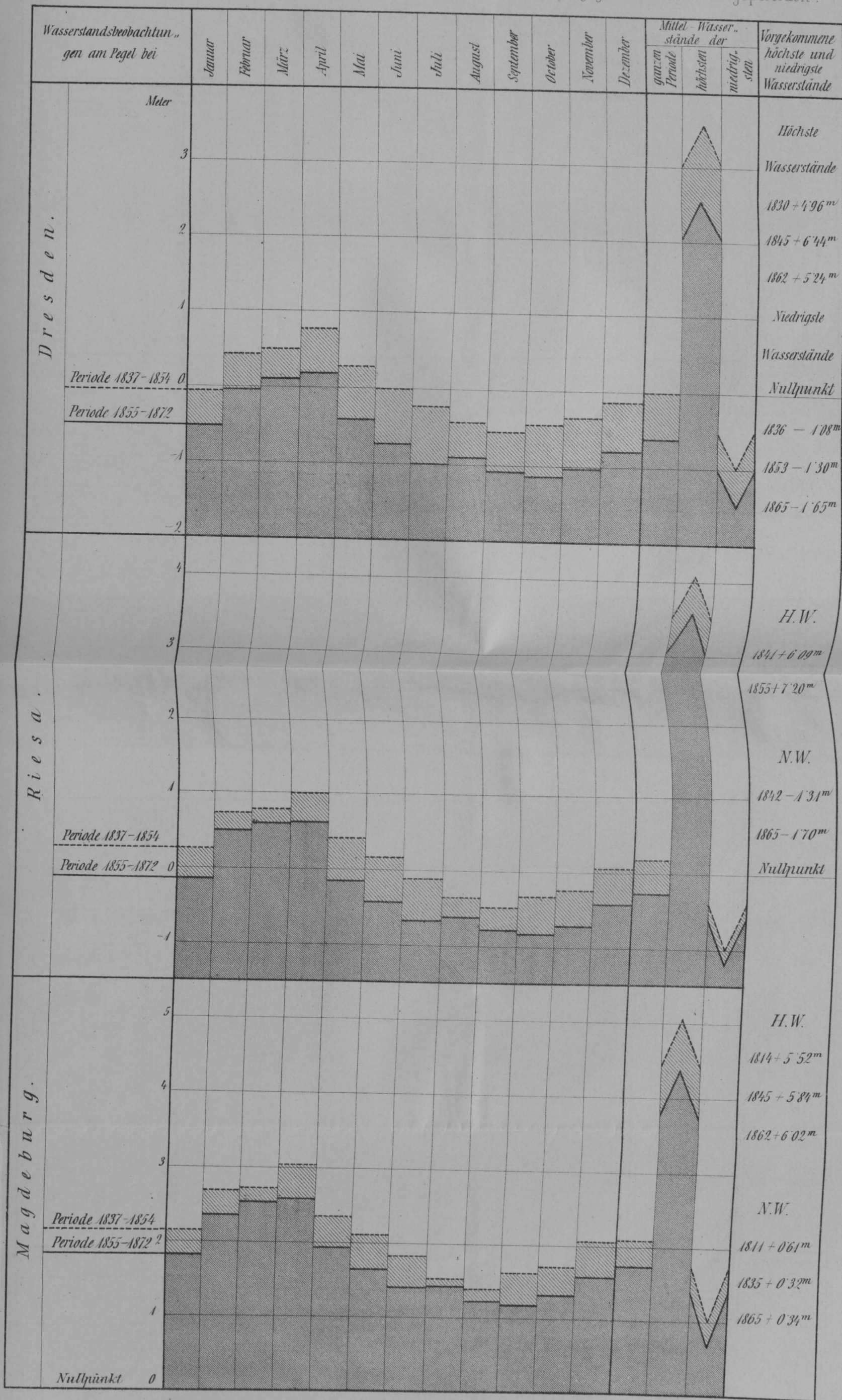


der beobachteten höchsten und niedrigsten, dann der berechneten mittleren Jahres-Wasserstände im Rhein bei Emmerich vom Jahre 1770 bis 1873.

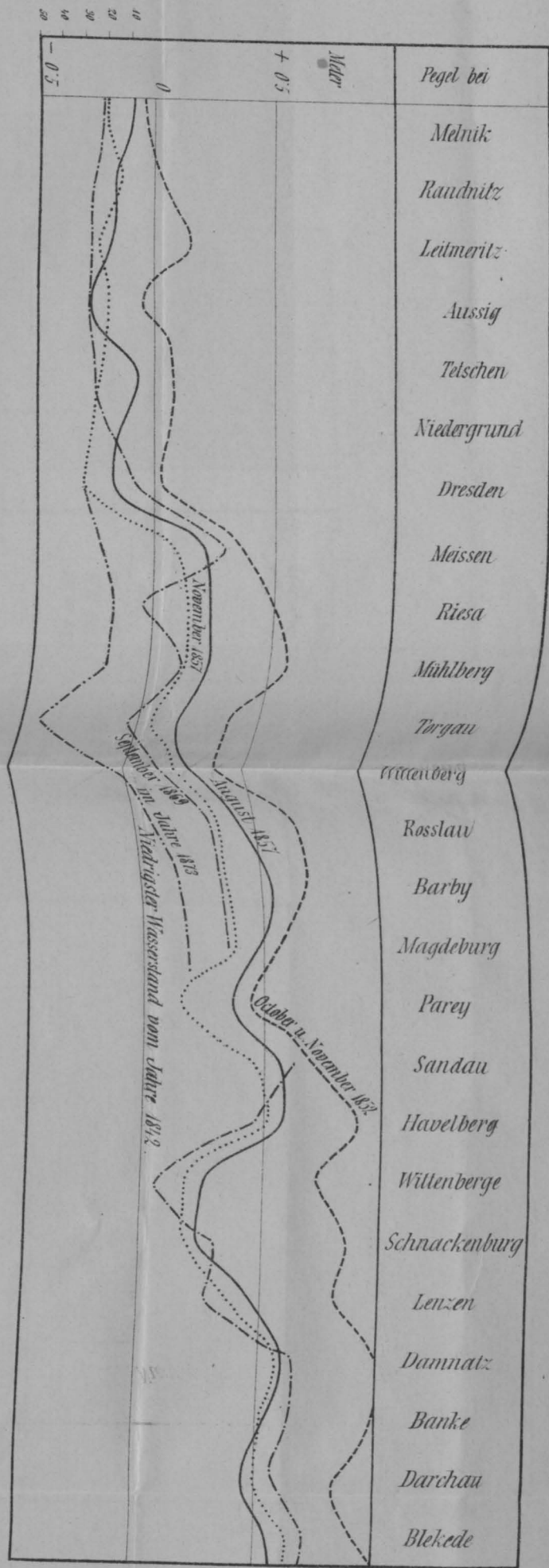
Zusammengestellt nach der Hydrographie von D^r H. Berghaus und nach den Mittheilungen des Wasserbau-Inspectors Kluge.

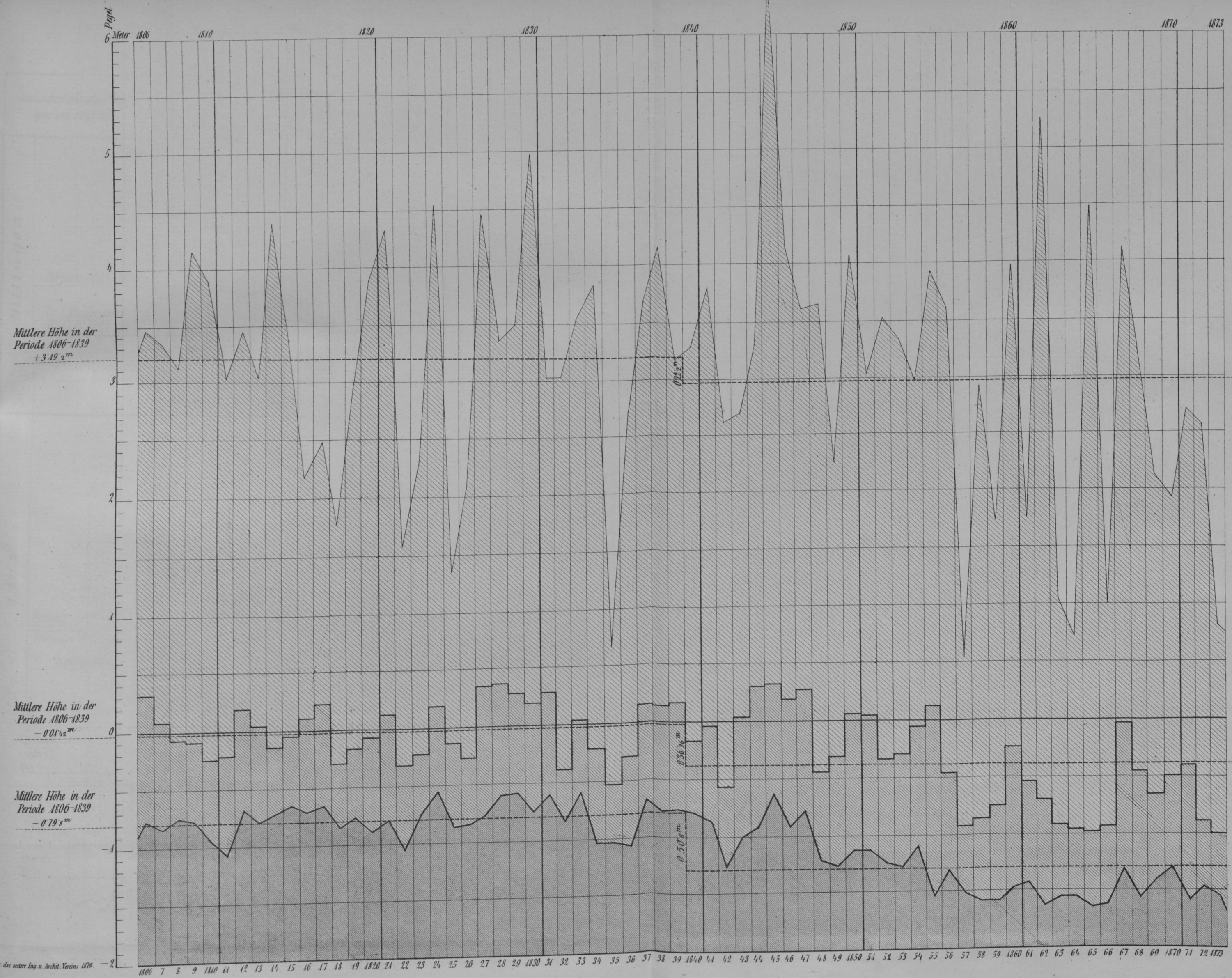


der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände im Elbe-Strome während der nachstehend angegebenen Beobachtungsperioden.



Vergleichung mehrerer niedrigen Wasserstände an den verschiedenen Pegeln am Elbe-Strome wobei der seit dem Jahre 1616 eingetretene niedrigste Wasserstand vom September 1842 als Vergleichsebene angenommen wurde

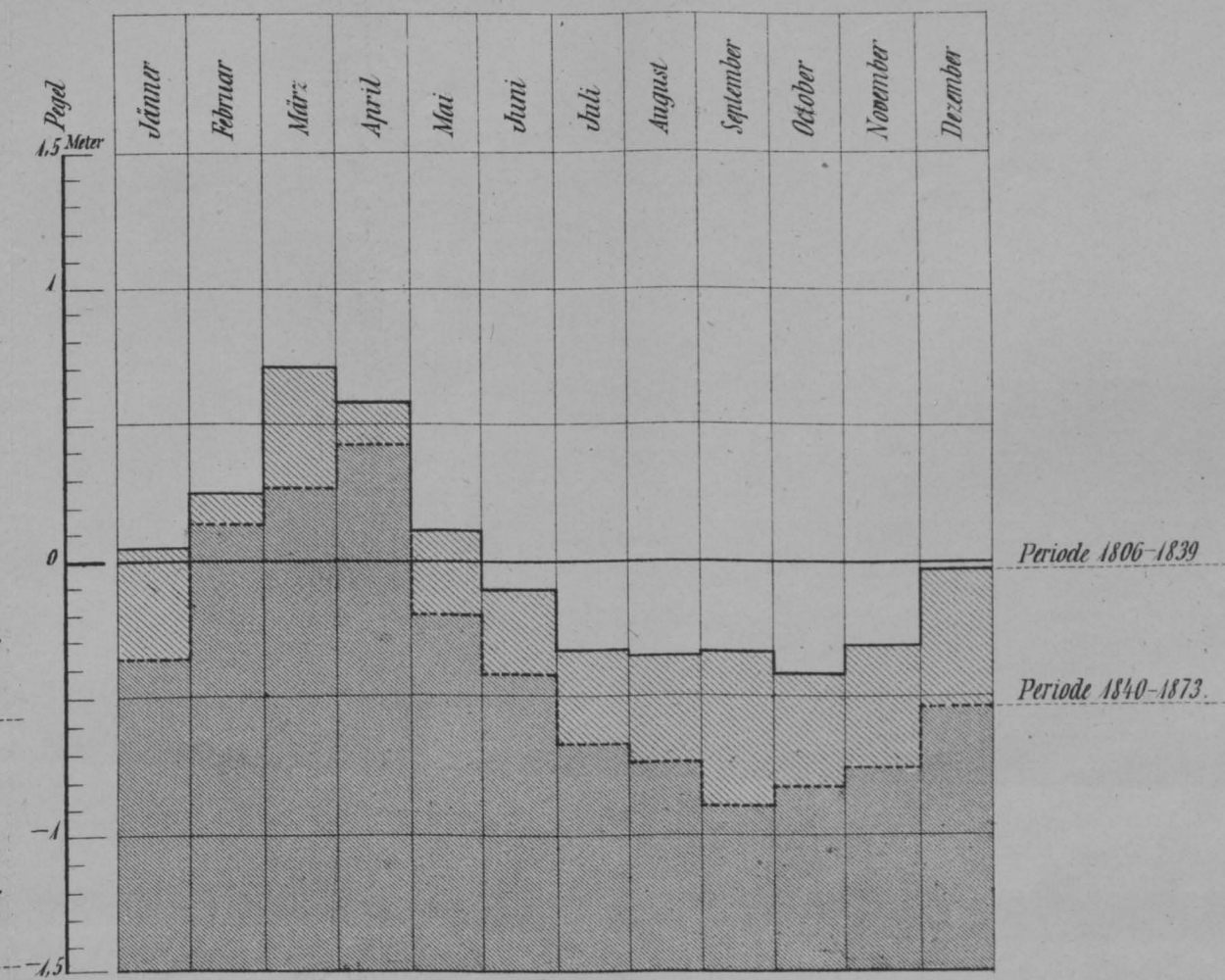




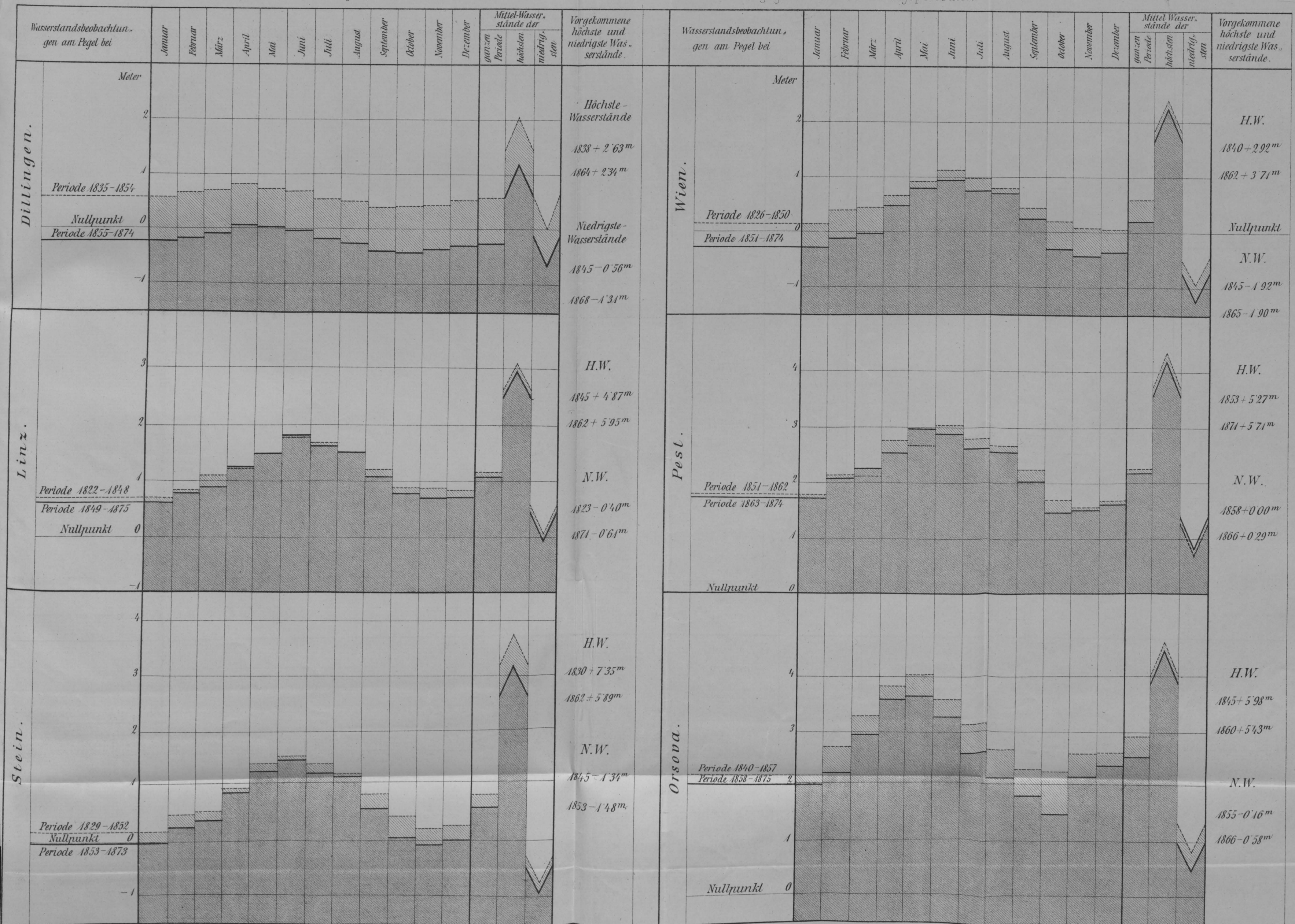
GRAPHISCHE DARSTELLUNG

der beobachteten höchsten und niedrigsten,
dann der berechneten mittleren Jahres-Wasserstände
am Pegel der Elbe bei Dresden
vom Jahre 1806 bis 1873.

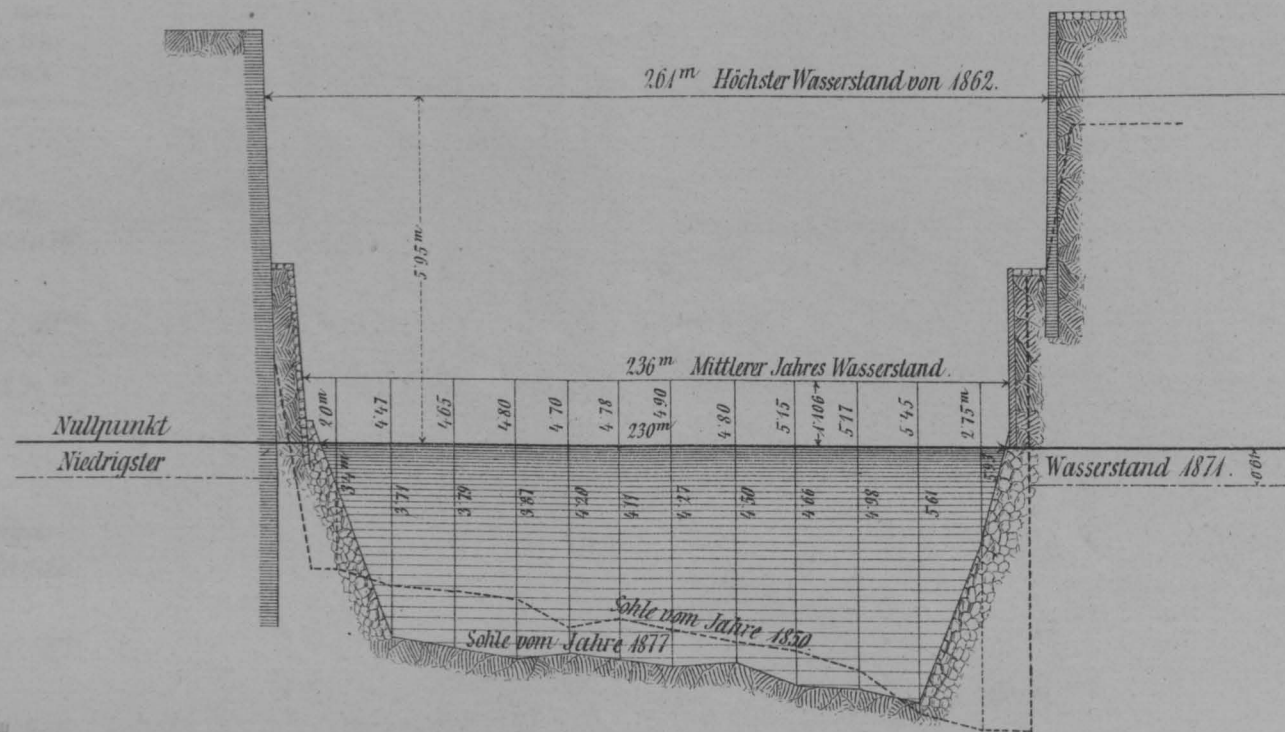
die berechneten Mittelwerthe der
Monats-Wasserstände
für die Perioden 1806 bis 1839 und 1840 bis 1873.



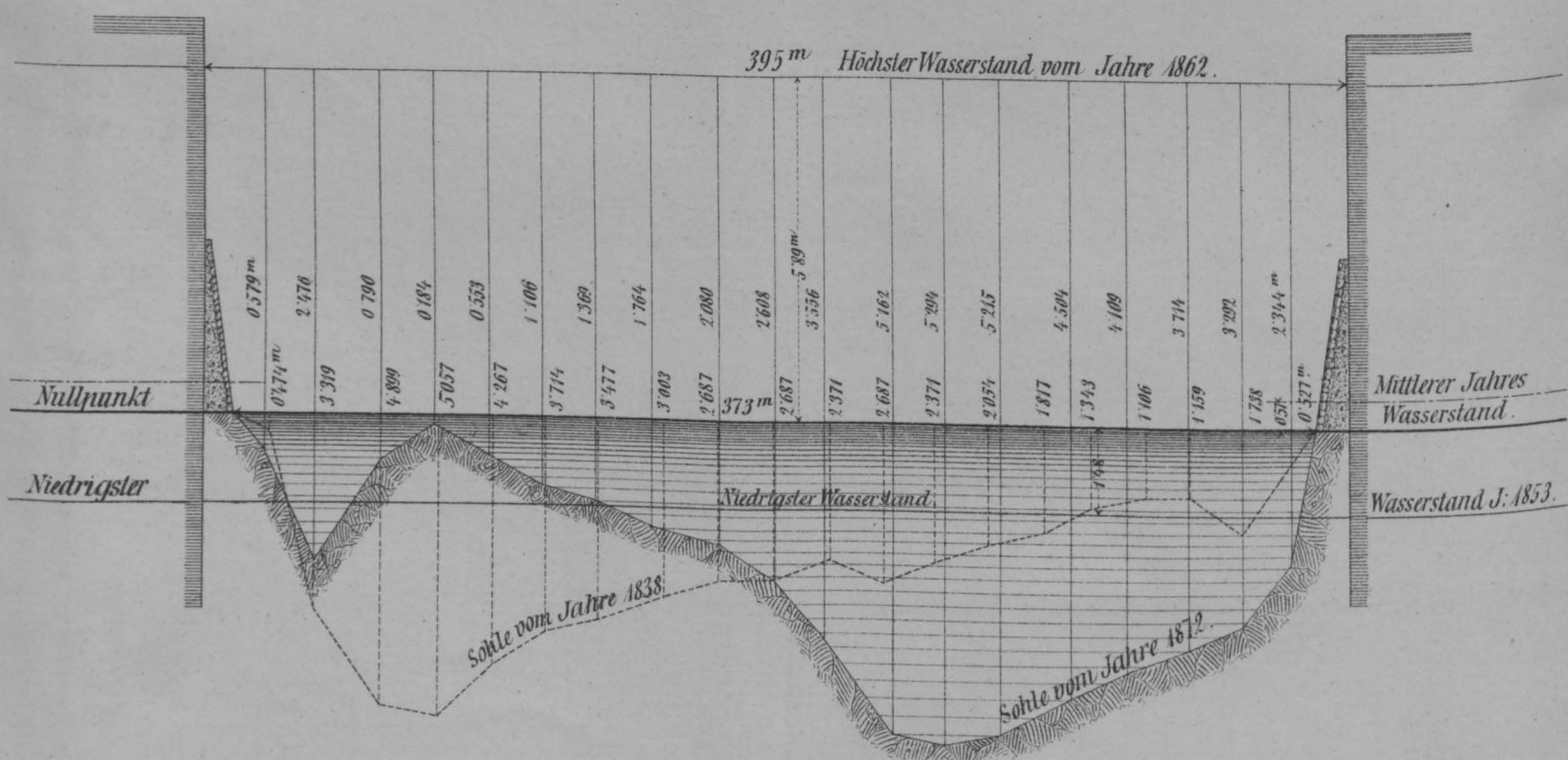
der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände dann der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände im Donau-Strome während der nachstehend angegebenen Beobachtungsperioden.



Querprofile des Donau-Stromes an der Brücke bei der Stadt Linz in Ober-Oesterreich, aufgenommen in den Jahren 1850 und 1877.

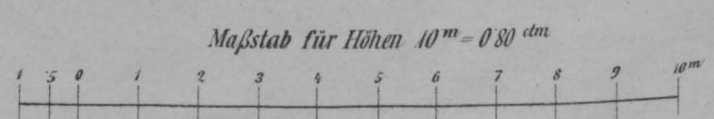


Querprofile des Donau-Stromes an der Brücke bei den Städten Stein und Krems in Nieder-Oesterreich, aufgenommen in den Jahren 1838 und 1872.

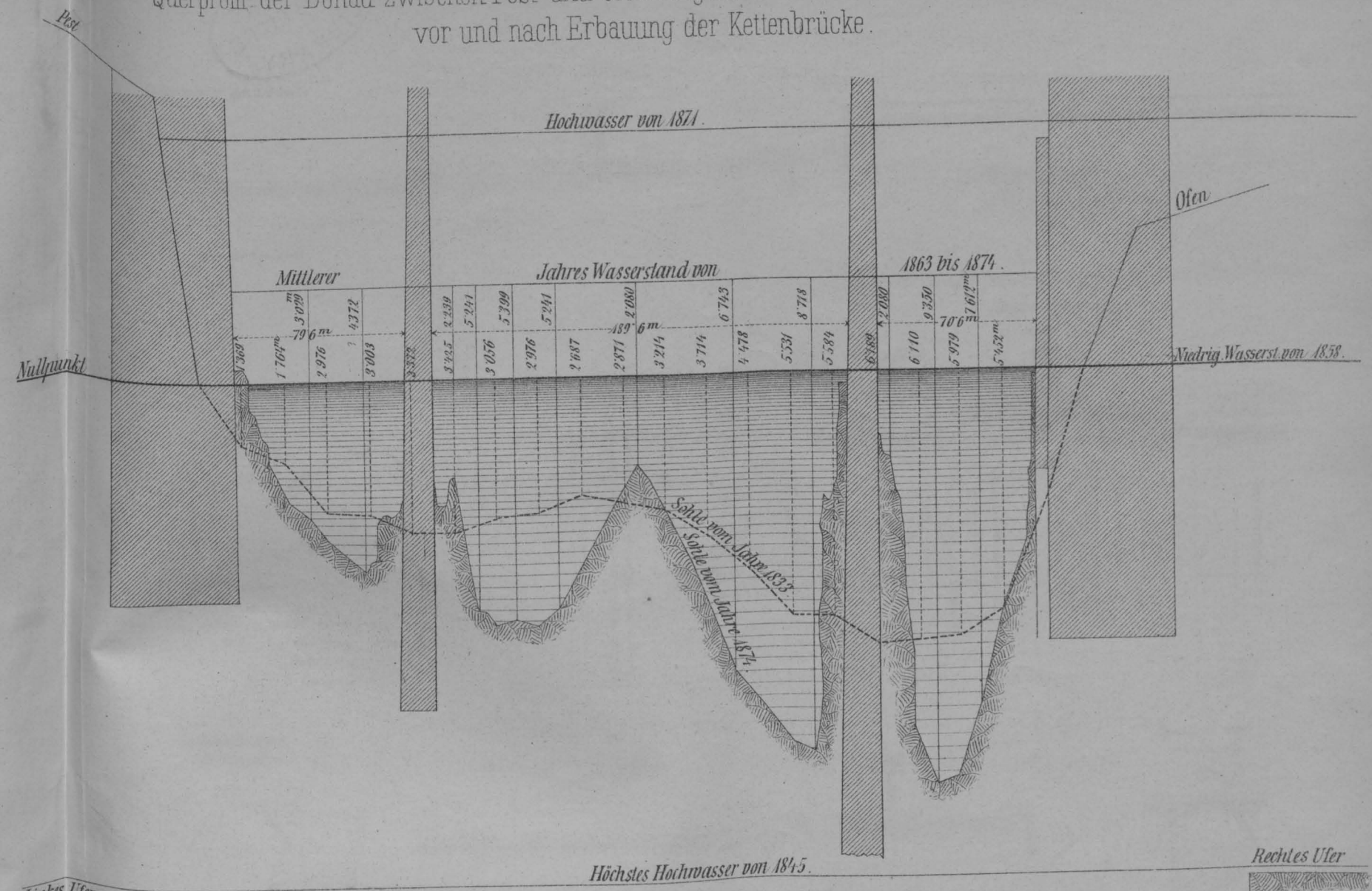


Anmerkung für Orsova.

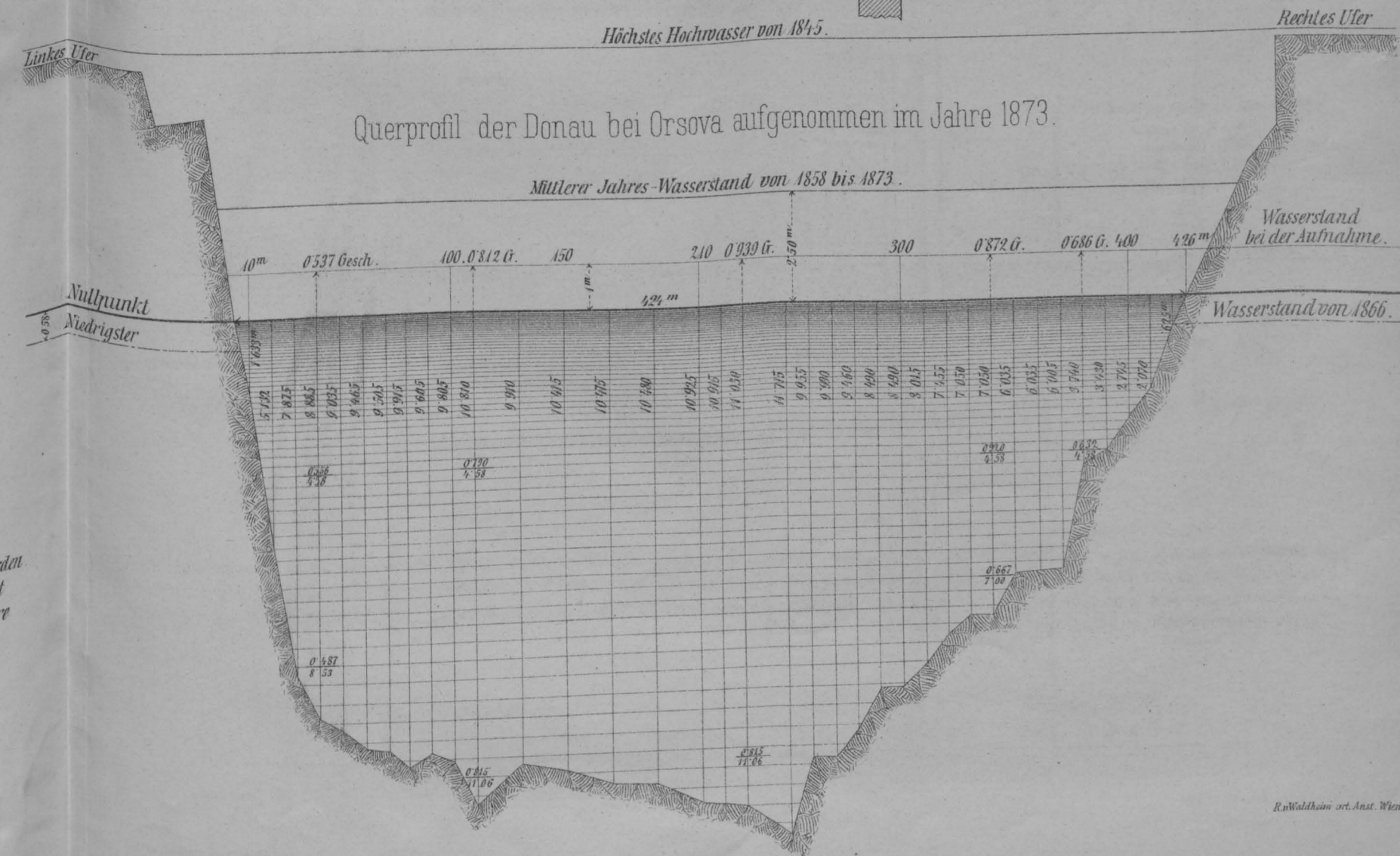
Das Consumtionsprofil ist an einer möglichst normalen Flußstelle 971m oberhalb des Pegelsteindpunktes zu Orsova bei einem Wasserstande von +1m aufgenommen worden. Das Flußgefälle war in jener Strecke 0,0000324; die größte im Stromstriche gemessene Geschwindigkeit betrug 0,939m pr. Sekunde. Die in den Ordinaten des Profils mittelst aufrecht schwimmender Stäbe gemessenen mittleren Geschwindigkeiten sind durch die bei den Ordinaten in Bruchform beigeschriebenen Zahlen bezeichnet, wovon die obere Zahl die Geschwindigkeit pr. Sekunde und die untere Zahl die Tiefe der Eintauchung des Stabes bezeichnet.



Querprofil der Donau zwischen Pest und Ofen aufgenommen in den Jahren 1833 und 1874 vor und nach Erbauung der Kettenbrücke.

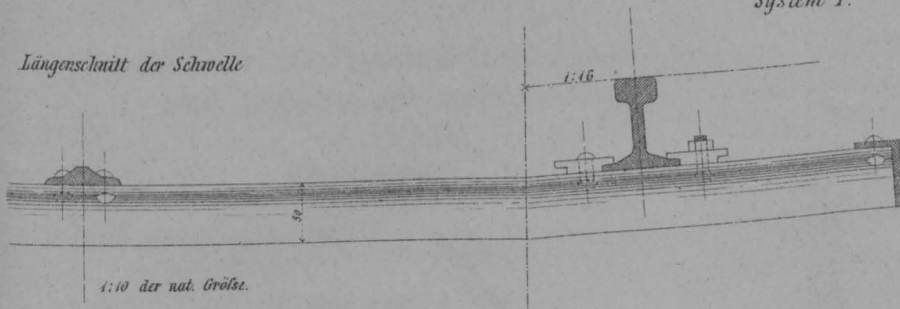


Querprofil der Donau bei Orsova aufgenommen im Jahre 1873.

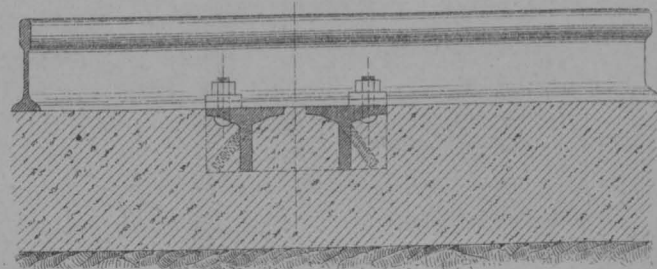


System I.

Längenschnitt der Schwelle

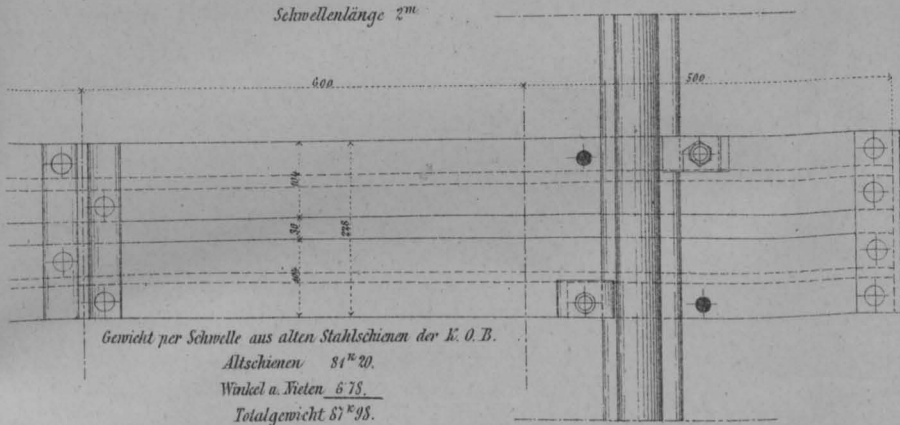


Querschnitt der Schwelle

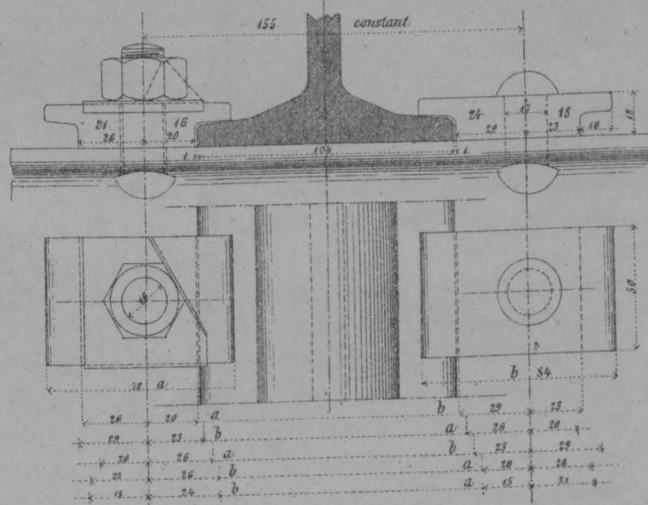


Draufsicht.

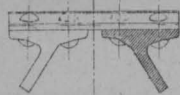
Schwellenlänge 2^m



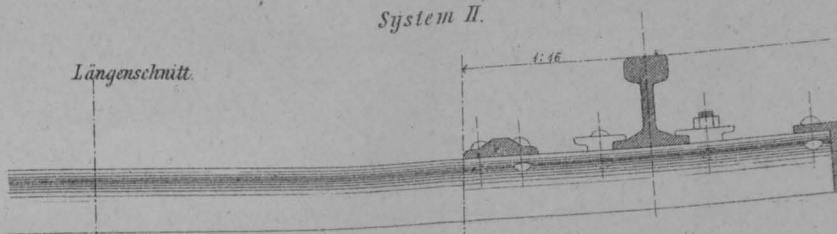
Schienenbefestigung



Querschnitt in der Schwellemitte.

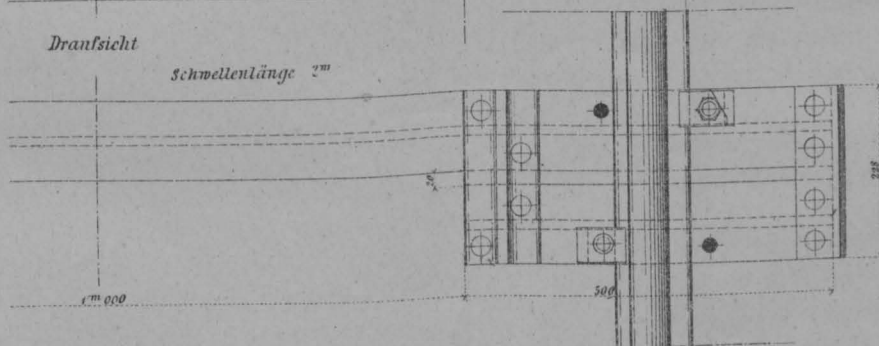


Längenschnitt.

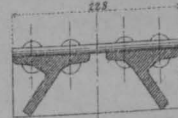


Draufsicht

Schwellenlänge 2^m



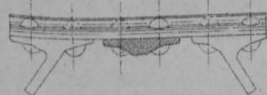
Querschnitt am Schwellenende.



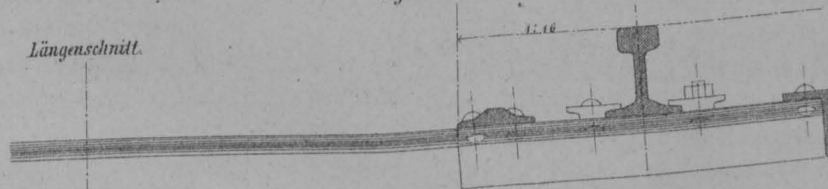
Gewicht per Schwelle aus alten Stahl,
 schienen der K. O. B.
 Altschienen 58ⁿ 92.
 Winkel u. Fieten 7 20
 Totalgewicht 66.12

System III

Querschnitt in der Schwellemitte.

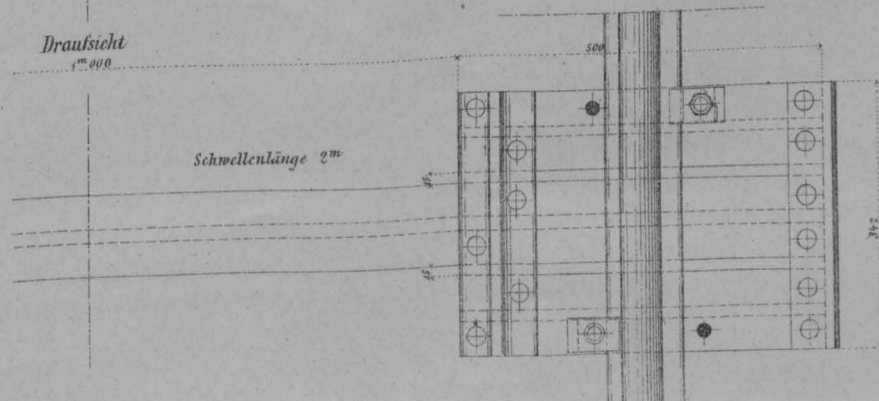


Längenschnitt.

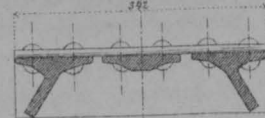


Draufsicht

Schwellenlänge 2^m



Querschnitt am Schwellenende



Gewicht per Schwelle aus alten Stahlschienen
 der K. O. B.
 Altschienen 67ⁿ 55
 Winkel u. Fieten 10 63
 Totalgewicht 73ⁿ 51